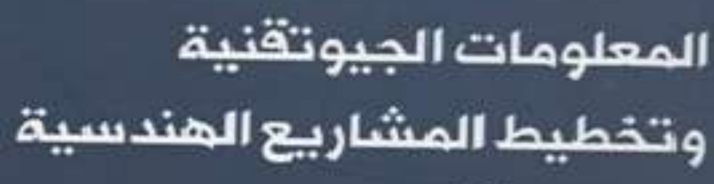


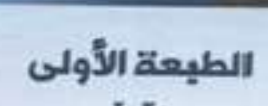
المعلومات الجيوتقنية وتخطيط المشاريع الهندسية

دراسة تطبيقية



الأستاذ الدكتور
خلف حسين علي الدليمي

الدكتور
سعدون مشرف حسين الشعباني



الطبعة الأولى

٢٠٢٠

اسم الكتاب : المعلومات الجيوتقنية وتخطيط المشاريع الهندسية

اسم المؤلف : أ.د.خلف حسين علي الدليمي & د. سعدون مشرف حسين الشعباني

الطبعة الاولى 2020

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد برقم (1610) لسنة 2020

الرقم الدولي : 978-9922-9241-5-1

دلير للطباعة والنشر

بغداد – باب المعظم

المعلومات الجيوتقنية وتخطيط المشاريع الهندسية

دراسة تطبيقية

الاستاذ الدكتور

خلف حسين علي الدليمي

استاذ جامعي متقاعد

الدكتور

سعدون مشرف حسين الشعباني

تدريسي في جامعة الانبار

الطبعة الاولى 2020

بِسْــــــمِ اللَّــهِ الرَّحْــمَٰنِ الرَّحِــــيمِ

وَعِنْدَهُ مَفاتِحُ الْغَيْبِ لا يَعْلَمُها إِلاَّ هُوَ وَيَعْلَمُ ما فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَما تَسْقُطُ مِنْ وَرَقَةٍ إِلاَّ يَعْلَمُها وَلا حَبَّةٍ فِي ظُلُماتِ الْأَرْضِ وَلا رَطْبٍ وَلا يابِسٍ إِلاَّ فِي كِتابٍ مُبِينٍ (59) وَهُوَ الَّذِي يَتَوَفَّاكُمْ بِاللَّيْلِ وَيَعْلَمُ ما جَرَحْتُمْ بِالنَّهارِ ثُمَّ يَبْعَثُكُمْ فِيهِ لِيُقْضى أَجَلٌ مُسَمًّى ثُمَّ إِلَيْهِ مَرْجِعُكُمْ ثُمَّ يُنَبِّئُكُمْ بِما كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ (60) وَهُوَ الْقاهِرُ فَوْقَ عِبادِهِ وَيُرْسِلُ عَلَيْكُمْ حَفَظَةً حَتَّى إِذا جاءَ أَحَدَكُمُ الْمَوْتُ تَوَفَّتْهُ رُسُلُنا وَهُمْ لا يُفَرِّطُونَ (61) ثُمَّ رُدُّوا إِلَى اللَّهِ مَوْلاهُمُ الْحَقِّ أَلا لَهُ الْحُكْمُ وَهُوَ أَسْرَعُ الْحاسِبِينَ (62).

صدق الله العظيم (سورة الانعام)

الاهـــداء

يهدي المؤلفان جهدهما العلمي المتواضع الى:

ارواح والدينا واخواننا الذين سبقونا الى دار القرار ترحما

اساتذتنا الافاضل الذين علمونا عرفانا

زملاء المهنة من الاساتذة والباحثين تقديرا

الاساتذة الباحثين الزملاء في العمل احتراما

المحتويات

المقـدمـــة

الحمد لله رب العالمين على نعمه التي لاتعد،والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى اله واصحابه اجمعين.

ان اختيار موضوع في هذا المجال الذي لم يخوض فيه الا القلة من الباحثين،والذي يعد الجديد علينا والقديم على غيرنا من البلدان المتقدمة علميا،فقد كان التطرق الى المعلومات الجيوتقنية وعلاقتها بتخطيط المشاريع الهندسية لم يكن الا على شكل بحوث متفرقة تتناول عنصرا واحدا فقط من العناصر الجيوتقنية،ولذلك لم تتكامل الصورة لدى القاريء عن مدى تاثير تلك الخصائص الموضعية على المشاريع الهندسية،من تربة وصخور ومياه جوفية ووضع طوبوغرافي وحركات ارضية سريعة وبطيئة،لذا اخذ الباحثان على عاتقهما التطرق الى جميع تلك العناصر لاعطاء القاريء تصورا كاملا عن مدى اثر تلك العناصر ،ويعد الموضوع ذا اهمية كبيرة في حياة الانسان،اذ يتعلق به امن وامان مكان السكن والعمل،والتنقل والترفيه،فقد تم تناول تلك العناصر وتطبيق ذلك ميدانيا،فقد تم تطبيق العلاقة بين المعلومات الجيوتقنية وتخطيط العمران وخدمات البنى التحتية واقعيا على قضاء الرمادي في محافظة الانبار –العراق، اذ يوجد تداخل في تاثير العناصر الجيوتقنية المختلفة،مثل تاثير المياه على التربة والصخور ،فتغير في خصائصها ومن ثم قدرتها على التحمل،وهذا ينعكس سلبا على المشاريع المقامة فوق تلك المواضع،كما يكون لانحدار الارض وعدم استقرار مكوناته الاثر الكبير على عدم استقرار الابنية والطرق التي تقام فوق تلك السفوح،كما يكون للتراكيب الاولية والثانوية الاثر الكبير على المشاريع التي تقام فوقها،وقد كان لفيضانات الانهار والاعاصير الاثر الكبير على المشاريع الهندسية وتدميرها.

اما المناطق التي تتعرض للزلازل والبراكين والحركات الارضية البطيئة الدور الفاعل في تدمير المشاريع الهندسية،ومن الاثار الكبيرة للعناصر الجيوتقنية هو انهيار بعض السدود المشيدة على الانهار ،اوتسرب مياه الخزانات،فتسبب مخاطر كبيرة على المشاريع الهندسية جميعا،وهذا سبب خوف العراقيين من انهيار سد الموصل،لعدم صلاحية العناصر الجيوتقنية لقيام السد والخزان في ذلك الموضع.

ان ما تم تناوله من فقرات في هذا الكتاب وصل الى عشر فصول غطت كل الفقرات التي تطلب البحث فيها،نسأل الله دوام النعمة وتمام العافية وحسن الخاتمة،وان يكون هذا الجهد صدقة جارية في ميزان حسناتنا،والله ولي الصالحين.

المؤلفان

أ.د.خلف حسين الدليمي   د.سعدون مشرف الشعباني

2020

الفصل الاول – المعلومات الجيوتقنية

المبحث الاول–تعريف المعلومات الجيوتقنية وكيفية توفيرها

المبحث الثاني–توفير المعلومات الجيوتقنية

المبحث الثالث–المشاكل الجيوتقنية التي تواجه المشاريع الهندسية

المبحث الرابع– المشاكل الجيومورفولوجية التي تواجه تخطيط المشاريع الهندسية:

المبحث الخامس–اختيار الموضع المناسب لاقامة المشاريع الهندسية

المبحث الاول-تعريف المعلومات الجيوتقنية وكيفية توفيرها

اولا-تعريف المعلومات الجيوتقنية والمشاريع الهندسية:

1-المعلومات الجيوتقنية

المعلومات الجيوتقنية تعني عناصر الموضع، والمتمثلة بالتربة والصخور والمياه الجوفية والسطحية، ،والوضع التضاريسي، وتحليل المعلومات وترجمتها للتنبؤ بطريقة تصرف تلك العناصر عند اقامة المشاريع الهندسية فوقها ،وهذه الدراسات تعد مهمة جداً في مرحلتي التصميم والتنفيذ للمشاريع المختلفة، وتتضمن الدراسات المتعلقة بالمعلومات الجيوتقنية للموضع مرحلتين اساسيتين، يعد فيهما تقريران منفصلان.

2-المشاريع الهندسية:

وهي المشاريع التي تقام فوق وتحت سطح الارض،مثل العمارات والطرق والجسور والانفاق والسدود والخزانات والمطارات،والتي تحتل مواضع محددة تختلف في خصائصها من موضع لاخر ،كما تختلف في نفس الموضع من جهة لاخرى او من عمق لاخر.

ثانيا-انواع المعلومات الجيوتقنية

1-التربة

2-الصخور

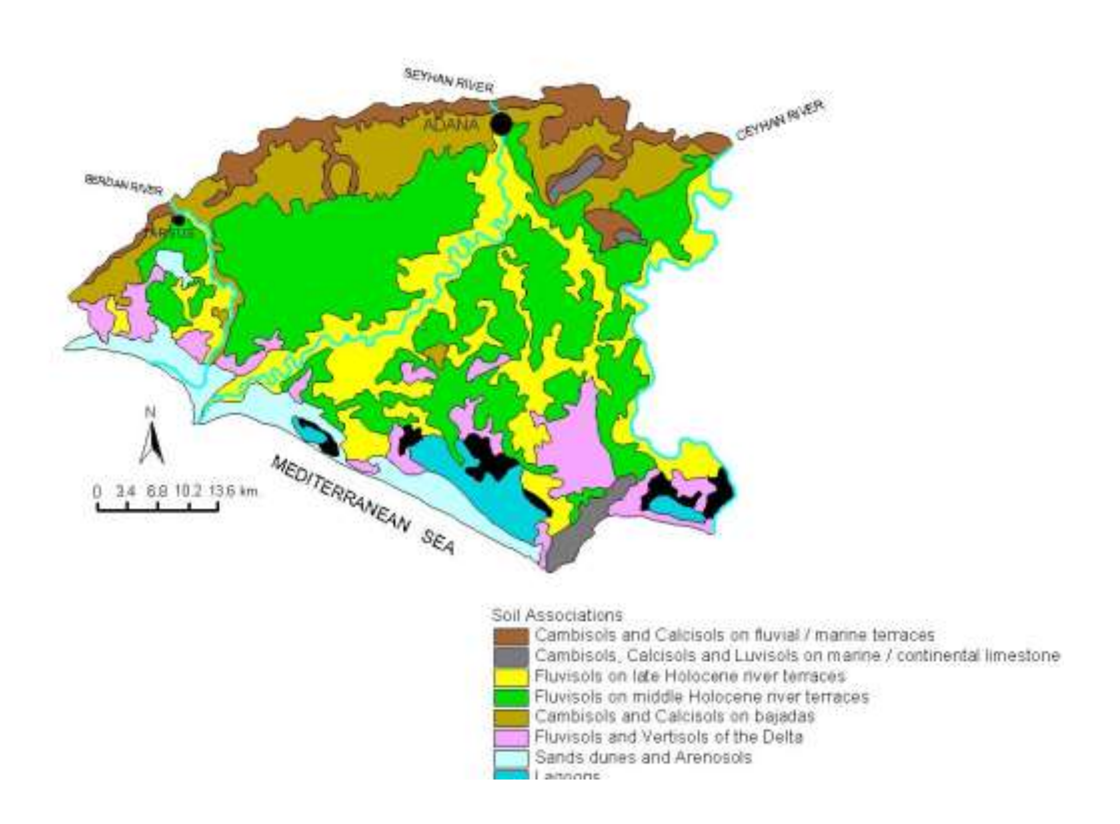
3-المياه الجوفية والسطحية

4-الوضع التضاريسي

5-الحركات الارضية(الزلازل والبراكين)

1–التربة

تمثل التربة الطبقة الهشة التي تغطي سطح الارض،والتي يتراوح سمكها ما بين بضع ملمترات الى عدة امتار، وتختلف نوعيتها وخصائصها من مكان لاخر ومن عمق لاخر،وينعكس ذلك على النشاط الذي يمارس فوق تلك التربة،كما تتغير خصائص سلوكها بتاثير المياه التي تمر خلالها،والاحمال التي تقام فوقها،وقد ينعكس ذلك على المشاريع الهندسية التي تقام فوق التربة حسب نوع المشروع،ان كان موضعا محددا كالابنية والجسور، او واسعا مثل الطرق ومواضع خزن المياه امام السدود ،فيكون لنوعية التربة وخصائصها دورا في مدى نجاح المشروع او فشله عند التنفيذ او مستقبلا، شكل(1–1) خريطة لتوزيع التربة،وسيتم استعراض التربة بشكل مفصل في الفصول اللاحقة.

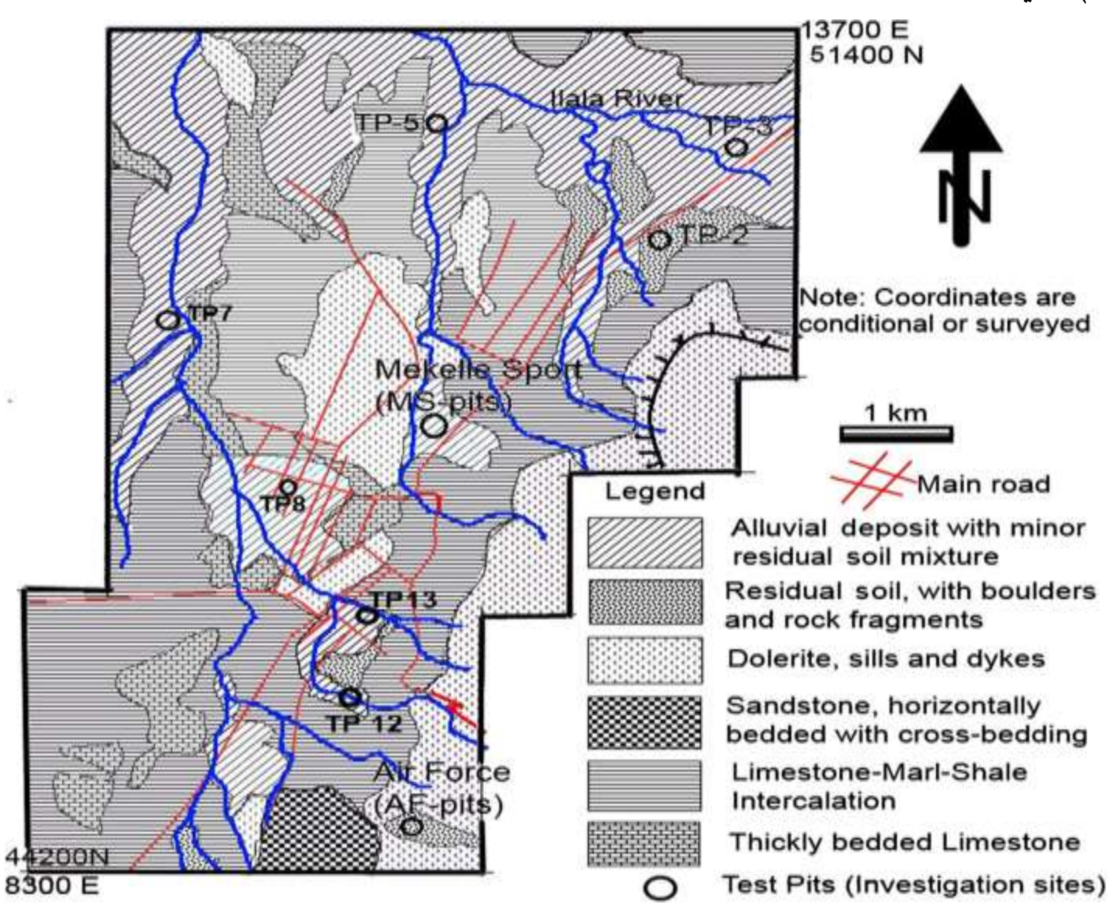


2–الصخور :

تمثل الصخور الطبقات السميكة والصلبة التي ترتكز على معظم اجزائها التربة بسمك مختلف من مكان لاخر،وتوجد اجزاء من سطح الارض تكون الصخور مكشوفة لا تغطيها تربة،مثل المنحدرات والهضاب الصحراوية التي تتعرض لعمليات التعرية المائية والهوائية،تختلف نوعية الصخور وسمكها من مكان لاخر،مثل الصخور النارية والصخور

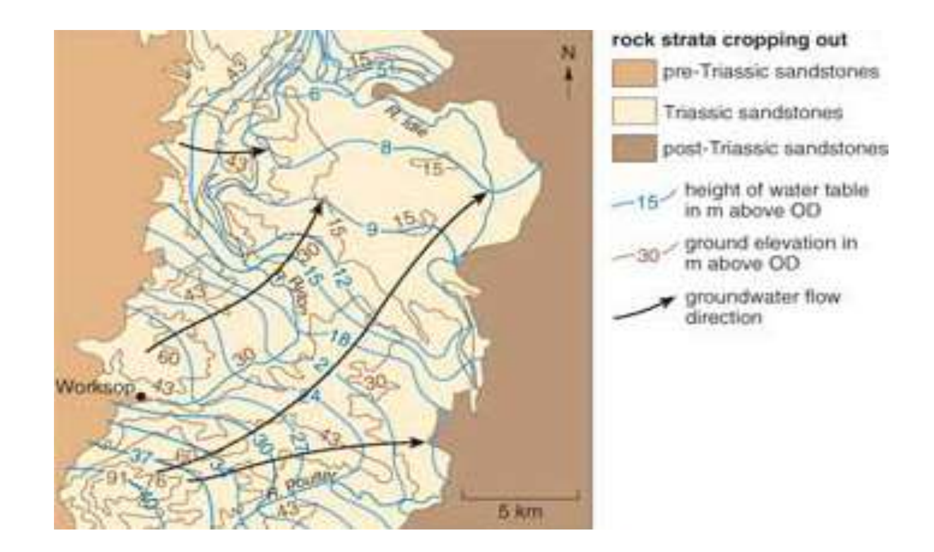
الرسوبية والصخور المتحولة،وكل نوع من تلك الصخور تتضمن انواع مختلفة في تركيبها الكيميائي والبنية،لذا تختلف في صلابتها وضعفها ضمن النوع الواحد،كما تختلف في نوع الفواصل والتراكيب التي تتضمنها،وينعكس ذلك سلبا او ايجابا على المشاريع التي تقام فوقها،ويتم اعداد خريطة جيولوجية لمنطقة الدراسة تتضمن نوع الصخور في منطقة الدراسة، وتعاقبها الطبقي. [1]

شكل(1- 2) خريطة جيولوجية لمدينة.



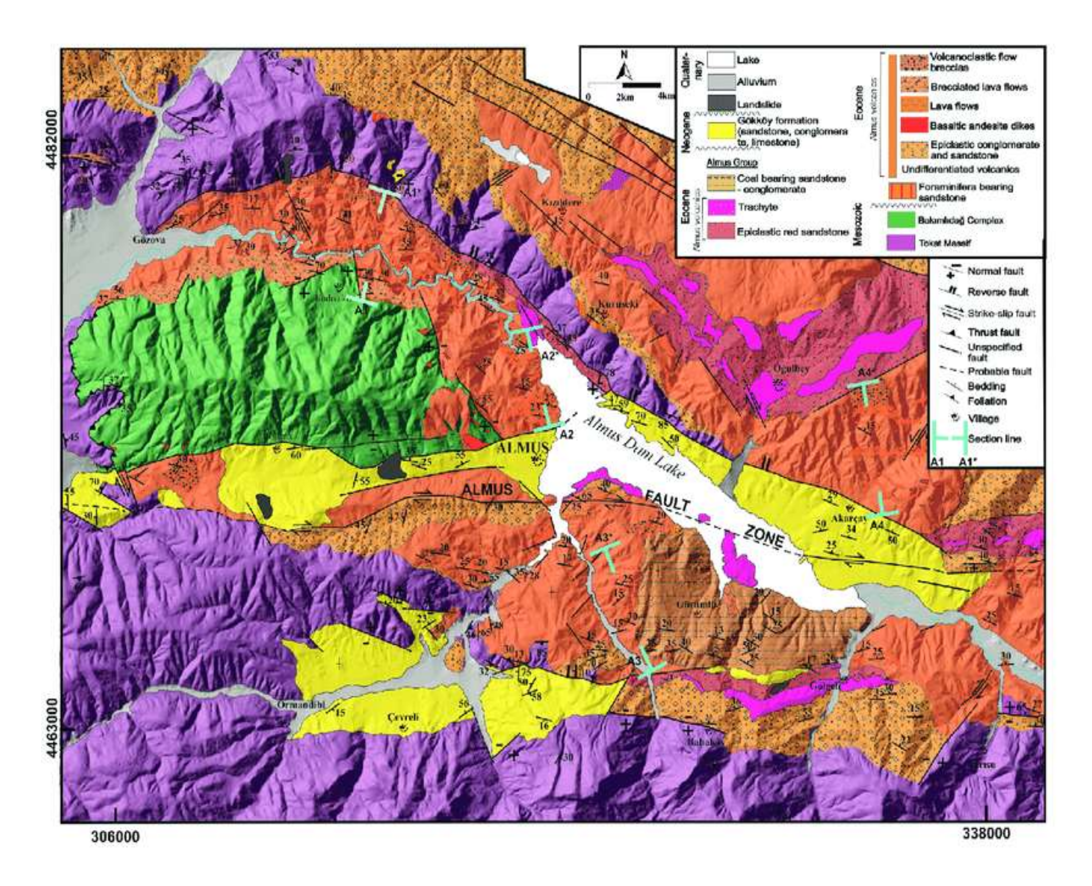
3-المياه السطحية والجوفية:

تمثل الانهار والاودية الجارية موسميا مصادر للمياه السطحية التي تمر عبر قنوات محددة، وقد تتجاوزها في اوقات الفيضانات،فتؤدي الى غمر مساحات واسعة من الاراضي المحيطة بمجرى النهر،فتؤثر على المشاريع المقامة في تلك المناطق بشكل مباشر،او قد يكون التاثير غير مباشر من خلال رفع مناسيب المياه الجوفية في الاراض المحيطة بمجرى النهر ،فتؤثر على المشاريع المقامة في تلك المناطق،شكل(1-3)خريطة تبين مناسيب المياه الجوفية.



4-التضاريس الارضية:

تعد التضاريس ذات اهمية كبيرة في المواضع والمواقع التي تقام فوقها الابنية او تمد عبرها الطرق،اذ يكون لارتفاعها وانخفاضها وتموجها وشدة انحدارها ونوع مكوناتها اثار كبيرة على المشاريع الهندسية،فقد يكون سطح الارض مناطق سهلية او هضبية او جبيلة او قاع وادي،اذ تفرض طبيعة تلك التضاريس ونوع مكوناتها وطبيعة انحدارها كعناصر يجب مراعاتها عند تخطيط المشاريع الهندسية،شكل(4-1)خريطة توضح الوضع التضاريسي ومكوناته والتراكيب التي يتضمنها.



وقد لايكن الخطر مقتصرا على طبيعة الموضع فقط، بل للموقع اثر على ذلك،اذ يكون للمواضع التي تقع على سفوح جبلية او عند اقدامها اثار لما يحدث من انهيارات وتدفق طيني وسيول تؤثر على الابنية والطرق التي تقع على تلك السفوح او اسفلها. [2] الشكل(1-5)صورة تبين توسع مدينة دمشق على سفوح جبلية شديدة الانحدار.



5- النشاط الزلزالي والبركاني:

تتعرض كثير من المدن الى حركات زلزالية مدمرة ينتج عنها خسائر بشرية ومادية كبيرة،كما تتعرض بعض المدن الى ثورانات بركانية قريبة منها،ينتج عنها مواد سائلة كالصهير البركاني وغبار كثيف وكتل صخرية متطايرة، فتسبب تدمير واسع وخسائر بشرية كبيرة،لذا يجب معرفة النشاط الزلزالي في موقع وموضع المدينة والمناطق المحيطة بها،والتعرف على مدى تاثيرها على المدينة،وكذلك البراكين ان وجدت قرب موقع المدينة لابد من معرفة هل هي نشطة ام خامدة،الشكلان(1- 6 أ-ب-)صورتان لاثار الزلازلا على الابنية والطرق.



اما الشكلان(1-7 أ-ب)صورتان لبراكين ثائرة،تبين مقذوفاتها الخارجية





المبحث الثاني–توفير المعلومات الجيوتقنية

قبل الخوض في موضوع المعلومات الجيوتقنية لابد من توضيح الفرق بين الموضع والموقع،فالموضع يعني المكان الذي تشغله المدينة فعلا،او المكان الذي تشغله استعمالات الارض الحضرية،اما الموقع فيعني موقع الظاهرة بالنسبة لما يحيط بها،مثلا موقع المدينة بالنسبة لما حولها،او موقع البناء او الطريق بالنسبة لما يحيط به.

لغرض تغطية الموضوع بشكل متكامل يفضل ان يتم دراسة كل من الموضع والموقع لغرض تجنب المخاطر التي يمكن ان تحدث تحت البناء او في محيط البناء اوالطريق فتؤثر عليه سلبا.

ان توفير المعلومات الجيوتقنية يكون على مرحلتين مكملة لبعضهما هما:

اولا– مرحلة اعداد تقرير المسح الابتدائي .

ثانيا– مرحلة اعداد تقرير المسح النهائي .

وتعتمد تلك التقارير على أهمية المشروع، ويمكن أن يتطلب تقرير واحد أو كلاهما معاً ، وفيما يلي عرض مختصر لمتطلبات كل تقرير على حدة،وكما يلي:

اولا – تقرير المسح الابتدائي

يهدف هذا التقرير إلى إيجاد ملخص عام عن العوامل الجيوتقنية التي تؤثر على تحديد أو تقييم فكرة البناء المخطط او المصمم على الارض ، فالتعرف على نوع التربة وتحديد أوجه الخطورة التي تحدث في الموضع ، ويعد هذا التقرير أساساً يبنى عليه عند إعداد التقرير النهائي للموضع ، ويمكن عمل هذا التقرير ضمن مراحل إجراءات إعداد المخططات السكنية عن طريق البلديات،وحسب إمكانياتها الفنية والمادية للمخططات التي تملكها البلدية، أو عن

طريق المالك للمخططات الخاصة،أو عن طريق التعاقد مع استشاري متخصص في هذه الأعمال، وذلك وفقاً للمتطلبات التالية :

1- جمع المعلومات المتوفرة عن الموضع :

يتم جمع ودراسة المعلومات التالية عن الموضع ، وتعطي هذه المعلومات فكرة عامة عن التكوينات الأرضية وأنواع الصخور الموجودة والتراكيب الثانوية والحركات الأرضية وكما يلي:

أ- المخططات والرفع المساحي للموضع .

ب- الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية المتوفرة عن المنطقة، والتي يمكن الحصول عليها من الجهات الرسمية ذات العلاقة، مثل وزارة الزراعة والمياه أو وزارة البترول والثروة المعدنية .

ت- الصور الجوية والفضائية والمرئيات للمنطقة .

ث- أنظمة البناء المستخدمة في المدينة، وأية أنظمة ومعايير أخرى خاصة بالموضع .

ج- دراسات التربة السابقة، وتقارير التربة الزراعية وغيرها من الدراسات المهمة التي أجريت على الموضع .

ح- أية معلومات أخرى لها علاقة بموضوع الدراسة .

2- استكشاف الموضع :

تحتاج هذه المرحلة الى زيارة ميدانية الموضع، لغرض الاطلاع على خصائص تلك المنطقة، ومقارنة المعلومات التي تم جمعها من مصادر مختلفة مع الدراسة ألميدانية، والتحري عن المشاكل الموجودة بالموضع ، كما يستفاد من أهل الخبرة عن الوضع التضاريسي للمنطقة،مثل الأودية والتراكيب الثانوية والزلازل، أو أية أخطار أخرى حدثت في الموضع او الموقع .

3 – الاختبارات المعملية :

يتم عمل اختبارات على عينات التربة السطحية وتحت السطحية الى العمق الذي تتطلبه الدراسة،والتي تؤخذ من المواضع المختارة ، ويمكن الحصول على عينات مقلقلة أو عينات غير مقلقلة، وإجراء الاختبارات عليها لتوفير المعلومات الاتية :

أ- تصنيف نوع التربة .

ب-التعرف على عمق انطقة التربة.

ت- تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية في التربة .

ث- تحديد حدود السيولة واللدونة .

ج- التعرف على الوحدة الوزنية الجافة للتربة .

ح- اختبارات التربة الانتفاخية والانهيارية .

ان هذه الاختبارات وإن كانت بسيطة ويمكن للبلدية القيام بها ، فإنها تعطي بيانات كبيرة للمهندسين القائمين على المشروع، بالإضافة إلى المعلومات السابقة في تحديد نوعية التربة السطحية، وتقدير معاملات التربة الضرورية باستخدام معادلات الربط لتصميم الأساسات،ومعرفة ما إذا كان هناك مشاكل فنية تحتاج الى معالجة .

4 – التقرير الفني :

يتضمن تقرير المسح الابتدائي وصفاً شاملاً للموضع والمشاريع المقترح إقامتها عليه وارتفاعاتها ، وإيضاح طبوغرافية الأرض والتكوينات الجيولوجية لها وخصائصها ، والمخاطر التي قد تحدث وعلاقتها بالمباني ، وحالة المياه الجوفية بصفة عامة، ويتم إعداد خريطة للموضع يوضح فيها نوع التربة وأماكن وجود أية مخاطر، والتوصيات لدراسات أخرى أكثر دقة، ووضع برامج تنفيذها، كعدد الجسات ومواضعها وأعماقها ونوع الاختبارات المطلوبة .

ثانيا – تقرير المسح النهائي

عند قيام البلدية أو الوزارة بمراجعة تقرير المسح الابتدائي وتحديد ما إذا كان الموضع صالحاً من عدمه ، والحاجة لعمل دراسات إضافية، يتم عمل التقرير النهائي للدراسات الجيوتقنية والذي يعد امتداداً للتقرير السابق ولكن بصورة أكثر دقة وشمولية، وتعتمد طبيعة العمل في هذا التقرير على نتائج التقرير السابق والمشاكل الموجودة في الموضع او الموقع،وهذا التقرير يمكن الاعتماد عليه بصورة أفضل في البناء والدراسات الأولية للمشاريع ،ويسند عمل هذا التقرير إلى فريق عمل استشاري متخصص في مجال عمل الدراسات الجيوتقنية ، ولابد أن يتضمن التقرير على ما يلي :

1- ملخص لدراسات التربة السابقة :

يتم إعداد ملخص عام لأية دراسات سابقة، ويمكن ربط نسخة من تقرير المسح الابتدائي، وفي حالة عدم وجود تقرير يقوم الاستشاري بأتباع الخطوات الموضحة بتقرير المسح الابتدائي، وعمل الخرائط الضرورية، وإعداد وصف شامل للموضع والمشاريع المقترح إقامتها عليه .

2 – أعمال الحفر واخذ العينات :

يتم إيضاح جميع طرق أعمال الحفر واخذ العينات التي قام بها الاستشاري للتربة أو للصخور، والآليات والمعدات المستخدمة فيها وأنواعها وموديلاتها، وعدد جسات التربة موضحة على مخطط الأرض المطلوب دراسة

تربتها،وسجلات الحفر لكل جسة وأعماق الجسات، وإيضاح طبقات التربة وقطاعاتها وأنواعها المختلفة ومنسوب المياه الجوفية .

3– الاختبارات الحقلية :

يتم عمل الاختبارات الحقلية الضرورية حسب نوع التربة والحاجة إلى إعداد هذه الاختبارات ومنها ما يلي :

أ– اختبار الاختراق القياسي .

ب– اختبار الاختراق الاستاتيكي .

ت– اختبار مقياس الضغط .

ث– اختبار القص الدوراني .

ج– اختبار مقاومة التربة للقص .

ح– اختبار مقياس التمدد الحراري .

خ– اختبار تحديد معامل نفاذية التربة .

د– اختبار تحديد دليل قوة تماسك الصخور .

ذ– تحديد الوحدة الوزنية الجافة للتربة .

ز– اختبار القرص المحمل .

ر– اختبار المكافيء الرملي .

س– تصنيف أنواع التربة والصخور

4– الاختبارات المعملية :

يتم شرح طريقة استخراج وحفظ ونقل العينات المقلقلة وغير المقلقلة والآليات المستخدمة فى ذلك ، وإجراء الاختبارات الضرورية حسب نوع التربة والحاجة إلى إعداد هذه الاختبارات والتي منها :

أ– تحديد نسبة الرطوبة .

ب– تحديد حدود اللدونة .

ت– التدرج الحبيبي .

ث– الوحدة الوزنية للتربة .

ج- الكثافة النسبية .

ح- الوزن النوعي .

خ- اختبار الدك .

د- تحديد نسبة التحمل .

ذ- اختبار القص المباشر .

ر- اختبار الضغط الغير محدد .

ز- اختبار الضغط ثلاثي المحاور .

س- تحديد معامل نفاذية التربة .

ش- اختبارات انهيارية أو انتفاخية التربة .

ص- التحاليل الكيميائية .

وجميع هذه الاختبارات تعطي معلومات كافية لتحديد خصائص التربة ومعاملاتها والمعاملات الأخرى المستخدمة في تصميم الأساسات .

5- التقرير الفني :

يعد التقرير الفني من أهم مراحل الدراسة، ويجب أن يحتوي التقرير النهائي على الحد الأدنى من المعلومات والمتطلبات التالية :

أ – مضمون تقرير المشروع ، ويتضمن العناصر التالية :

1- المقدمة .

2- البيانات الرئيسية عن المشروع .

3- الموضع والمشاريع المقترحة عليه .

4- الأعمال المطلوبة .

ب- جيولوجية المنطقة،وتتضمن ما يلي:

1- المميزات والمعالم الجيولوجية .

2- أنواع التربة والصخور .

3- الخرائط الجيولوجية .

ت - استكشاف الموضع،ويشمل ما يلي :

1- أعمال حفر الجسات ومواقعها وعددها وأعماقها .

2- المعدات المستخدمة وأنواعها وموديلاتها .

3- أماكن استخراج العينات وطرق تعبئتها وحفظها .

4- الاختبارات الحقلية .

5- الدراسات الجيوفيزيائية .

ث - الاختبارات المعملية .

ج - النتائج وتحليل المعلومات .

ح - التوصيات، ويجب أن تتضمن ما يلي :

1- قطاعات التربة للجسات المختلفة موضحاً عليها طبقات التربة المختلفة وسماكة كل منها .

2- تحديد منسوب المياه الجوفية وتأثير ذلك على تصميم وتنفيذ الأساسات .

3- نوعية التأسيس الاقتصادي الملائم لتربة الموقع وأحمال المبنى المقام عليها .

4- الأعماق المختلفة الصالحة للتأسيس .

5- جهد التربة الآمن المسموح به عند كل منسوب تأسيس مقترح .

6- الهبوط الكلي المسموح به، وكذلك الهبوط المتفاوت المسموح به، وتأثير ذلك على تصميم الأساسات .

7- التوصيات اللازمة لحماية خرسانة الأساسات وأية إنشاءات تحت منسوب سطح الأرض من الأملاح والكبريتات.

8- التوصيات اللازمة للحفر والردم بالموقع والمواد المستخدمة وأماكن وجودها .

9- التوصيات الخاصة في حالة وجود مشاكل في التربة .

10- التوصيات الخاصة لطرق سحب المياه أثناء التنفيذ .

11- أية توصيات أخرى لها علاقة بالتصميم أو التنفيذ .

خ - الملاحق :

1- سجلات حفر الجسات .

2- نتائج الاختبارات الحقلية .

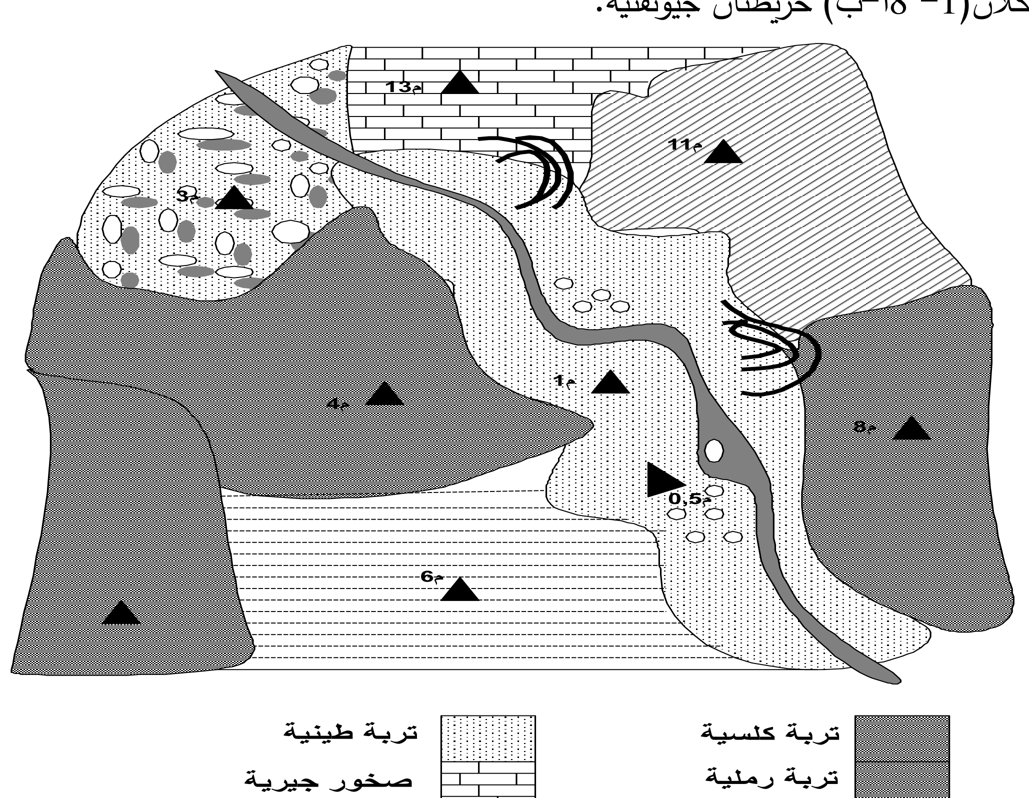
3- نتائج الاختبارات المعملية .

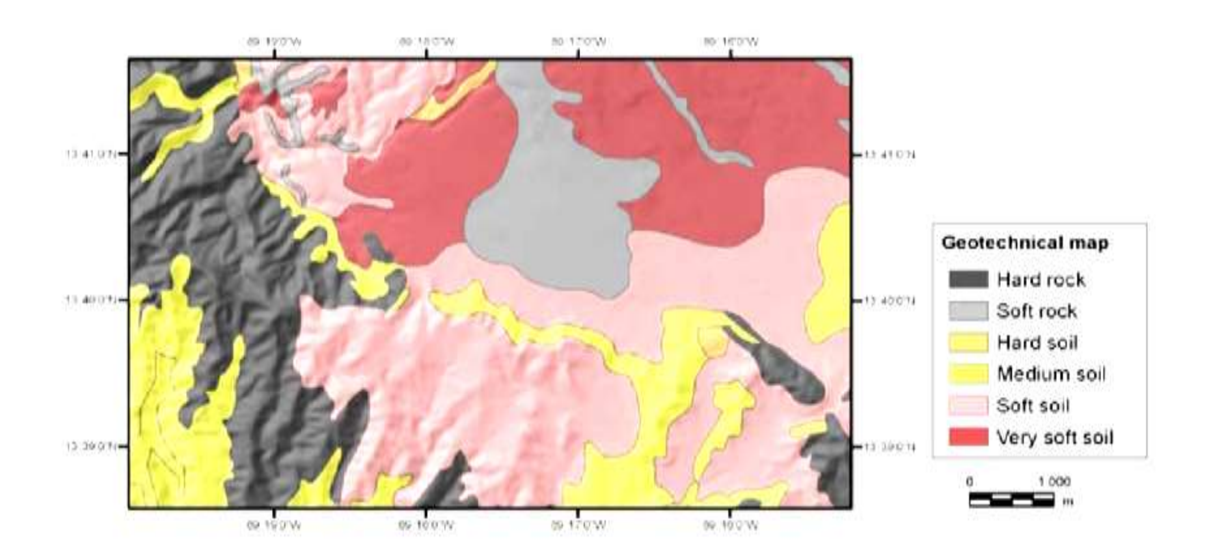
4- المذكرات الحسابية لاستنتاج معاملات التربة .

5- الخرائط والمخططات والصور الفوتوغرافية.[3]

ثالثا- اعداد الخريطة الجيوتقنية للموضع:

بعد تحليل المعلومات الجيوتقنية للموضع لابد من تجسيد ذلك بخرائط توضح طبيعة توزيع تلك المعلومات ضمن الموضع المحدد للدراسة،اذ تضمن تلك الخريطة معلومات عن التربة باعماق مختلفة،ونوع الصخور وطبيعة امتدادها افقيا وراسيا،ومنسوب المياه الجوفية في الموضع،والمناطق التي تتعرض للفيضان سواء الواقعة قرب نهر او وادي ،لذلك تغني الخريطة الجوتقنية عن استعراض المعلومات المكتوبة،لانها تعطي صورة واضحة للواقع بشكل مصغر ،لكي يتمكن المخطط والمصمم من اتخاذ الاجراءات المناسبة في التخطيط والتصميم بما ينسجم والمعطيات الموضعية،الشكلان(1- 8أ-ب) خريطتان جيوتقنية.





المبحث الثالث–المشاكل الجيوتقنية التي تواجه المشاريع الهندسية

اولا– التصدع ،اسبابه، ومخاطره

تتعرض المشاريع الهندسية الى التصدع والانهيار لأسباب متعددة تؤدى إلى شروخ وأحياناً تصدعات بالمنشآت الخرسانية،وقد يؤدى الأمر إلى انهيار المنشأ،ويمكن تقسيم هذه الأسباب إلى ما يلي :

أ–عوامل خارجية.

ب–عوامل طبيعية.

ت–عوامل تتعلق بقصور فى المعلومات الجيوتقنية.

ث– اخطاء في التصميم والتنفيذ.

أ–العوامل الخارجية:

1–وجود أشجار ضخمة بجوار المبنى.

2–مبنى عالى بجوار مبنى منخفض الارتفاع يحدث تداخل فى الإجهادات مما يؤدى إلى حدوث هبوط.

3–جفاف مجرى مائى بجوار المبنى.

4–ردم مستنقعات مياه الصرف بجوار المبنى.

5–إنشاء طريق سريع بجوار المبنى يؤدى إلى اهتزاز المبنى.

6–إنشاء مبنى باستخدام خوازيق الدق مما يؤثر على المبانى المجاورة.

ب–العوامل الطبيعية:

1– الرياح، تؤدى إلى تآكل الأسطح نتيجة الرمال المحملة بها والغازات الضارة .

2– الثلوج،تؤدى إلى حدوث إجهادات داخلية بالخرسانة مما يؤدى إلى حدوث شروخ شعرية.

3– الحرارة، ان اختلاف معامل التمدد الحرارى بين المواد يؤدى إلى حدوث الشروخ .

4– الأمـلاح ،ان مهاجمة الأملاح والكبريتات للخرسانة يؤدى إلى تآكلها .

5– بخار الماء ، يظهر تأثيره فى الأدوار العليا لكثرة تعرضها لبخار الماء .

ت– عوامل تتعلق بعدم كفاية المعلومات الجيوتقنية :

1– قصور فى دراسات التربة ،منها ما يلي :

أ–قصور فى عمل الجسات .

ب–إنشاء مبنى بدون عمل جسات .

ت–سوء أخذ الاختبارات .

ث–سوء تقدير قدرة التحمل

ج–سوء تقدير سلوك التربة في الموضع

2–سوء الدراسة الجيولوجية .

أ–عدم التاكد من نوع الصخور من حيث البنية والتركيب

ب–عدم معرفة قوة وضعف الصخور

ت–عدم تحديد نوع التراكيب الاولية والثانوية في الطبقات الصخرية

3–سوء تقدير مناسيب المياه الجوفية ونوعها.

وهذا القصور في تشخيص التربة والصخور ومناسيب المياه الجوفية ينتج عنه كثير من الأخطاء منها ما يلى :

1–عدم اختيار النوع المناسب للأساس .

2–عدم اختيار مستوى التأسيس المناسب .

3–عدم التقدير الحقيقى لجهد التربة .

4-حدوث تحركات للتربة نتيجة أعمال الحفر وتنفيذ أساسات مبانى مجاورة .

5-حدوث هبوط منتظم أوغير منتظم للأساسات .

6-حدوث انزلاق للمبنى .

7-حدوث التواء للمبنى .

ث- اخطاء فى التصميم والتنفيذ :

1-اخطاء في التصميم

ومن اسباب الاخطاء في اعداد التصاميم مايلي:

أ-عدم إسناد التصميمات الإنشائية إلى مهندسين متخصصين .

ب-عدم دراسة البعد البيئى (من حيث التربة والصخور والمياه الجوفية والمناخ السائد).

ت-رفع المبنى بدون إشراف هندسى .

ث-عدم معرفة نسبة الرطوبة خلال المواسم المختلفة .

ج-تعديل فى الرسومات الإنشائية دون الرجوع إلى المهندس المصمم .

ويترتب على القصور فى التصميم ما يلي:

1-حساب أحمال الأعمدة بطريقة خاطئة .

2-عدم مراعاة أطوال وامتدادات قضبان تسليح الكمرات والبلاطات الكابلية .

3-إنهاء حديد التسليح الرئيسى فى مناطق العزوم القصوى .

2- اخطاء فى التنفيذ :-

أ-قصور فى فهم اللوحات التصميمية .

ب-استخدام مواد غير مطابقة للمواصفات .

ت-عيوب فى التسليح .

ث-فواصل الصب والتمدد .

ج-عدم تنفيذ كانات الأعمدة والكمرات طبقاً للرسومات .

ح-استخدام أسمنت غير مطابق للمواصفات .

خ-عدم عمل كمرات لتوزيع حمل السقف على الحوائط عند بدء بناء المساكن بطريقة الحوائط الحاملة .

د-تقليل القطاعات الخرسانية عما هو وارد لغرض التوفير .

ذ–عدم عمل ميول بأرضية الحمام ودورات المياه .

ر –عدم عمل ميول بسطح الدار العلوى .

ز –استخدام أسلوب سيئ للصرف بالمبنى .

س–استخدام مياه المصارف والبرك فى الخلط .

ش–عدم العناية بالعزل المائى،مما يؤدى إلى تسرب المياه من أسفل المبنى وبالتالى تعرض الأساسات لخطورة التآكل.

ثانيا–مشاكل أعمال الأساسات

تمثل الأساسات الجزء المهم فى المبنى،والتي تتعرض لعدة مشاكل،والتي تؤدى إلى اضعافها والتقليل من قدرتها على تحمل الأحمال الواقعة عليها،ومن تلك المشاكل ما يلي:

1–ضعف التربة.

2–خطأ تصميمى فى توزيع الأحمال.

3–اختلاف تكوين التربة فى الموضع الواحد.

4–تحرك منسوب المياه الجوفية.

5–تفكك التربة أوانزلاقها.

6–المرور الثقيل.

7–أعمال الحفر المجاورة.

8–اختلاف ارتفاعات المبانى.

9–الاهتزازات بسبب الماكينات.

10–التشجير والخضرة المجاورة.

11–اختلاف نوع الأساس فى المبنى الواحد وسوء نوع الوصلة.

وفيما يلى اهم المخاطر التي تنتج عن سوء الأساسات بالترتيب :

1–هبوط المبانى.

2–الانقلاب للداخل.

3–الهبوط الأوسط.

4–الهبوط الشامل.

5–الانزلاق.

ثالثا – مشاكل وعيوب أعمال الحفر

تعد أعمال الحفر من الأعمال التحضيرية لإنشاء أى مبنى وتقتضى دقة فى استلامها لتأثيرها البالغ على سلامة المبنى إذا لم تتم حسب الأصول الفنية.

وتحدث العيوب الفنية بأعمال الحفر لعدم مراقبة العاملين من قبل المهندس المشرف على العملية،باعتبارها عنصر ثانوي بسيط واقل أهميته من الأعمال الأخرى كالخرسانة المسلحة أو أعمال الصب،ومن اهم المشاكل الحفر ما يلي:

1-عدم استواء قاع الحفر.

2-عدم أفقية قاع الحفر.

3-عدم رأسية جوانب الحفر.

4-عدم استواء جوانب الحفر.

5-عدم ضبط زوايا جوانب الحفر الرأسية والأفقية.

6-سقوط أتربة ردم فى الحفر.

7-انهيار جوانب الحفر.

8-وجود عوالق وشوائب فى أسطح الحفر أو مياه دون نزح.

9-مخالفة زاوية جوانب الحفر المائل عن زاوية ميل التربة.

10-ضعف الفواصل بين الآبار المتقاربة.

11-عدم دك القاع بالحادلة الحديدية بعد غمره بالمياه جيداً.

رابعا - مشاكل أعمال الردم

من اهم مشاكل اعمال الردم ما يلي:

1-هبوط الردم .

2-عدم تجانس مواد الردم .

3- احتواء مواد الردم على المواد العضوية والشوائب .

4-تشقق مواد الردم بعد جفافها .

خامسا-المشاكل الجيوتقنية التي تتعرض لها المشاريع الهندسية:

1-الهبوط الرأسى.

2-الهبوط الجانبى الركنى.

3-التمدد والانكماش.

4-زيادة الأحمال الحقيقة عن التصميمية.

5-انهيار جوانب الحفر.

6-انهيار التربة أو الشارع.[4]

المبحث الرابع – المشاكل الجيومورفولوجية التي تواجه تخطيط المشاريع الهندسية:

اولا- مشاكل مظاهر السطح:

يعد شكل سطح الارض وما يتضمنه من تضاريس من العوامل الأساسية التي تحدد الاستعمال المناسب لكل منطقة،وتعبر طبيعة التضاريس التي تتضمنها كل منطقة عن الصورة التي تتميز بها عن غيرها، فالمناطق الجبلية تكون وعرة وشديدة التضرس، في حين تكون الهضاب اقل وعورة وتضرسا ،بل البعض منها ذات سطح منبسط، اما السهول فتكون منبسطة يسهل استغلالها في أي نشاط، ولذلك تمثل مركزا للنشاط البشري بأنواعه المختلفة،أي يمثل شكل السطح بعدا له دور فاعل في إبراز الخصائص الرئيسية لأي منطقة، وعلى الانسان أن يتكيف مع الواقع الطوبوغرافي في ذلك المكان من حيث السكن والعيش.[5]

أن إقامة المشاريع في أي منطقة يواجه مشاكل حسب طبيعة التضاريس في تلك المنطقة،وتكون واضحة في المناطق الجبلية لعدم استواء الارض، لذا تتركز الأنشطة على السفوح التي تتعرض الى عمليات الانزلاق والهبوط والزحف ،والتي تسبب أضرارا مختلفة لمعظم تلك الانشطة، في حين تقل تلك العمليات في الهضاب والسهول المنبسطة,

ثانيا- مشاكل التربة:

تمثل التربة الجزء الخارجي من القشرة الارضية،والتي تكونت بفعل عدة عوامل، وهي ذات خصائص فيزيائية وكيميائية متنوعة،والتي تنعكس أثارها على الانشطة التي تمارس في تلك التربة.

وفي مجال تخطيط المشاريع الهندسية يتم تقسيم التربة الى انواع بما ينسجم ومتطلبات تلك المشاريع، وكما يأتي:

1-تربة طينية شديدة التماسك اوالصلابة:

وهي رواسب قديمة تعرضت الى ضغط الرواسب التي ترسبت فوقها بطبقات سميكة، ثم تعرضت الى عمليات التعرية التي أدت الى إزالة الطبقات العليا الهشة وظهرت الطبقات الصلبة التي تليها، ومن مشاكل هذا النوع من الترب احتواءها على شقوق كبيرة وصغيرة فيقلل ذلك من شدة صلابتها.

2-تربة طينية غرينية ضعيفة التماسك:

تتكون من تربة هشة حديثة التكوين وغير متماسكة وقدرة تحملها ضعيفة،لذا يكون تنفيذ المشاريع فيها مكلفا،وينتشر هذا النوع في الأودية النهرية والدلتوات.

3-تربة حصوية ورملية ضعيفة التماسك:

تعد تلك التربة ذات نفاذية عالية وقليلة التماسك،لذا تسبب مشاكل عند تنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة خلالها، خاصة إذا كانت تحتوي مياه جوفية عالية المناسيب،والتي تسبب عمليات مختلفة من هبوط وانهيارات وغيرها، وتزداد عند القيام بعمليات الحفر وتحرك المياه نحو المناطق المحفورة.

4-التربة العضوية:

تعد من الترب الضعيفة التماسك والصلابة، لذا يكون تنفيذ المشاريع خلالها مكلف جدا، وقد تكون المعالجات غير مجدية فينتج عنها مخاطر كبيرة، خاصة إذا كانت تحت الطبقات السطحية فتتعرض الى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف، فيؤدي ذلك الى تصدع وانهيار الأبنية والطرق.[6]

ان إقامة المشاريع العمرانية ومد الطرق في أي مكان يعتمد على قدرة تحمل التربة التي تتأثر بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ- الإجهاد الناتج عن ثقل المنشآت الكبيرة، اوسيرالمركبات الثقيلة، او هبوط واقلاع الطائرات الكبيرة، فيؤدي ذلك الى تصلب التربة التي تقع تحتها، اما في حالة إزالة التربة المجاورة لتلك المشاريع فقد ينتج عن ذلك انسياب **التربة التي** تحتها نحو المناطق المحفورة، فيتسبب في هبوط المبنى او الطريق او ممر المطار فتتعرض الأبنية الى التشقق وتظهر المطبات في الطرق.

ب- احتواء التربة على المياه، فتقلل من تماسكها وتضعف من صلابتها.

ت- تأثير عناصر المناخ على التربة، كالتساقط بأنواعه والحرارة ارتفاعا وانخفاضا، وحسب نوع المعادن التي تتضمنها التربة، ومعامل تمددها الحراري، وقدرتها على امتصاص المياه.[7]

ثالثا-تحسين خواص التربة

ان استغلال الترب يحتاج في كثير من الأحيان إلى تحسين خواصها بما يتلائم وطبيعة النشاط، وعلى العموم من بين تلك الأساليب ما يأتي:

1- تخفيض مناسيب المياه الجوفية في المناطق التي ستنفذ فوقها منشآت وطرق ومطارات ،ومن خلال استخدام التقنيات الحديثة في هذا المجال.

2- إضافة التربة الجيرية إلى الترب الطينية التي تحتوي على معادن لها القابلية على امتصاص كميات كبيرة من المياه مثل معدن المنتمورولنايت،والذي يؤدي تشبعه بالمياه إلى انتفاخها، فيسبب مشاكل للمشاريع التي تقام فوق مثل تلك الترب.

3- إضافة الجير المطفأ والرماد الخفيف الذي يحتوي على السليكات والتي تتحد مع المعادن الطينية مكونة سليكات الكالسيوم.

4- حقن الترب ذات المسامية العالية والصخور المتضمنة فواصل وشقوق بالمواد الأسمنتية.

5- استخدام القار في تحسين خصائص التربة.[8]

ثالثا- مشاكل جيولوجية:

تعتمد صلابة الصخور على بنيتها وتركيبها المعدني والتي تتأثر بالظروف البيئية والعمليات الجيومورفولوجية ألمختلفة، كما يتم تناوله في الفقرات اللاحقة في دراسة المشاريع العمرانية.

رابعا- مشاكل المياه الجوفية:

يؤدي وجود المياه الجوفية في التربة والصخور القريبة من مستوى الأسس والطرق الى مشاكل، لما تسببه من تغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك التكوينات،والتي تنعكس أثارها على صلابتها، كما تعمل تلك المياه على تنشيط عمليات تأكل الأنابيب والقابلوات ومراسي السفن والأعمدة والاسيجة الحديدية المدفونة،وخاصة في المناطق التي تحتوي نسبة عالية من الملوحة.[9]

خامسا- مشاكل فيضانات الانهار :

تتعرض معظم المناطق الواقعة على ضفاف الانهار الى مخاطر الفيضانات وخاصة السهول الفيضية التي تمثل مركزا للنشاط البشري بانواعه المختلفة، لذا تكون أثارها مدمرة في المناطق التي توجد فيها مراكز عمرانية كبيرة، وقد يكون التأثير مباشرا عندما تغمر مياه الفيضان تلك المناطق، وغير مباشر من خلال رفع مناسيب المياه الجوفية، والتي تؤثر على المنشآت والمشاريع الواقعة على جانبي المجرى، او قد تتعرض الى عمليات التعرية التي تحدث في الضفاف القريبة منها.[10]

سادسا- مشاكل التعرية والارساب:

تتعرض مناطق واسعة الى عمليات التعرية بتأثير القوى المختلفة، والتي تنعكس آثارها على المشاريع والأنشطة المختلفة، كما يكون للارساب الناتج عن عمليات التعرية الأثر الكبير على تلك المشاريع وخاصة الترب الرملية التي تنقلها الرياح من المناطق الصحراوية نحو مراكز النشاط البشري المختلفة.[11]

المبحث الخامس-اختيار الموضع المناسب لاقامة المشاريع الهندسية

ان اختيار الموضع المناسب لاقامة المشاريع الهندسية يتطلب التعرف على المعلومات الجيومورفولوجية والجيوتقنية الاتية:

اولا-الوضع الطوبوغرافي للموضع:

1-المناطق الجبلية

تعد المناطق الجبلية اكثر تعقيدا في اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران او مد الطرق او خدمات البنى التحتية،فقد يكون لدرجة الانحدار ونوع التكوينات والعمليات الجيومورفولوجية والنظام الهيدرولوجي الاثر الكبير في

اختيار الموضع المناسب للبناء او مد الطرق،وكثيرا ما تتعرض تلك المشاريع الى مشاكل كثيرة بسبب الانهيارات والتدفق الطيني وزحف مكونات السفوح،او التعرض للهبوط لذوبان الطبقات الصخرية التي تحت الاسس،وكلما زاد ارتفاع الجبال زادت المشاكل،وكلما قل الارتفاع تقل المشاكل.

2– السهول الفيضية:

تتميز السهول الفيضية عن بقية مظاهر سطح الارض بانبساطها والتي تسهل عملية مد الطرق فوقها من حيث المبدأ، الا ان المشاكل التي تعترض ذلك كثيرة قد تظهر عند القيام بالتنفيذ،وبعضها منظورة واخرى غير منظورة ومنها مايأتي:

أ–تتكون السهول الفيضية من تربة رسوبية منقولة ضعيفة التماسك والتحمل، لذا يتعرض الطريق الى الهبوط وخاصة عند مرور مركبات الحمل الثقيلة، لذا تحتاج الى معالجة لتحسين خواصها أو استبدالها.

ب–وجود قنوات الري والبزل والتي تمتد على شكل شبكات تتقاطع مع الطريق في عدة مواضع، ويحتاج ذلك الى قناطر وجسور فتزداد كلفة الطريق.

ت–تتضمن بعض السهول الفيضية بحيرات هلالية ومستنقعات لايمكن مد الطريق عبرها،لسعتها وضعف صلابة تكويناتها لتشبعها بالمياه وصعوبة انشاء جسور عليها، لذا يجب الابتعاد عنها نحو مناطق افضل في خصائصها واقل كلفة ومشاكل، الا انها اطول مسافة.

ث–ارتفاع مناسيب المياه الجوفية بسبب الري المستمر وارتفاع مناسيب مياه النهر خاصة في مواسم الفيضان فتؤثر على خصائص التربة،والتي تنعكس اثارها سلبا على الطرق.

ج–التعرض الى فيضانات الانهار بشكل مباشر فتعمل على تدمير الطرق.

ح–تأثير المنعطفات النهرية وخاصة على الطرق التي تمر قرب ضفاف الانهار، اذ تعمل على زيادة المسافة حسب نوع الانعطاف، كما تتعرض الطرق القريبة من قمة المنعطف الى مخاطر التعرية التي ادت الى تدمير العديد من الطرق.

يظهر مما تقدم ان مد الطرق عبر السهول الفيضية تعترضه الكثير من المشاكل والتي تحتاج الى كلف اضافية لغرض تجاوزها، وربما يكون البعض من الصعب معالجته مثل الفيضانات التي لايزال الانسان غير قادر في السيطرة عليها، وفي نفس الوقت يسعى العالم الى توفير الطرق التي يتحقق فيها الامان والراحة وسرعة الوصول.

3– الهضاب:

تعد الهضاب من الاشكال الارضية التي تشغل حيزا واسعا من سطح الكرة الارضية وباشكال وتكوينات متباينة، فبعضها ذات سطح منبسط واخرى سطحها متضرس، كما تتباين في نوع مكوناتها من حيث الصلابة،ولكل نوع مشاكل معينة تواجه مد الطرق،لذا سيتم تناول كل نوع على حدة وكما يأتي:

أ-هضاب منبسطة:

تتكون بعض الهضاب من تكوينات صخرية جيرية او طباشيرية، او أي نوع من الصخور الرسوبية الأخرى، والتي من خصائصها قابليتها على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة التي تتعرض الى سقوط الامطار بكميات غزيرة،وربما تسمح طبيعة الطرق بتجمع المياه فوق بعض المواضع لوجود حفر وشقوق ضمنها،او لانخفاضها عما يجاورها، او فوق المناطق المحاذية لتلك الطرق مباشرة، فتعمل تلك المياه على إذابة بعض مكونات الطريق فينتج عنها تشقق الطبقة العليا منها،وتسرب المياه الى الطبقة التي تليها فتعمل على أضعاف تماسكها وصلابتها ومن ثم هبوطها.

وتزداد المشكلة تعقيدا عند مرور مركبات الحمل الثقيلة فوقها فتعمل على توسع تلك الحفر والشقوق وهبوط تلك المواضع، وقد تصل الى حد يصعب معه مرور المركبات الصغيرة من تلك المواضع.

وتحدث مثل تلك الظاهرة في بعض المدن وخاصة التي لا تتوفر فيها شبكات لتصريف مياه الامطار والصرف الصحي تعمل بشكل كفوء، فتوجه مياه الاستعمالات المنزلية والأمطار نحو الشوارع فتتجمع في المواضع المنخفضة ،وتبقى لفترة طويلة فتؤدي الى تدمير هذه الأجزاء من الشوارع فتتحول الى حفر ومطبات وتكون ذات منظر مشوه للطريق،وهذا ما يجب الانتباه اليه عند تخطيط الشوارع فيجب ان تكون درجة انحدارها كافية لانسياب المياه بشكل طبيعي من الشوارع الفرعية الى الرئيسة ومنها الى مجاري تنقلها بعيدا عن تلك الطرق.

ب-هضاب متضرسة:

تتميز بعض الهضاب بقلة انبساطها وتموج سطحها لما تتضمنه من تلال وهضاب صغيرة (الميسا) ووديان متباينة الابعاد، لذا يواجه مد الطرق في مثل تلك الهضاب مشاكل عدة تحتاج الى معالجات وإجراءات لتجاوزها، ففي بعض المواضع يعترض الطريق تلال اوهضاب صغيرة، في مثل هذه الحالة اما ان ترفع تكويناتها السطحية للحفاظ على مستوى الطريق واستقامته، أو تغيير المسار إذا كانت تكويناتها رملية او تتضمن أشكال كارستية تؤدي الى هبوط الطريق في المستقبل، وفي حالة عدم وجود إمكانية للقيام بتلك الإجراءات فيجب ان تتخذ إجراءات أخرى لتحسين تلك التكوينات مثل استبدالها بمواد اكثر صلابة مثل استخدام صخور صلبة اوكتل كونكريتية.

اما في حالة اعتراض الطريق مناطق منخفضة فيجب دفنها بتكوينات صلبة لرفع منسوبها الى مستوى الأراضي المرتفعة المحيطة بها للحفاظ على مستوى واستقامة الطريق حسب المخطط المعد لمد الطريق،وربما يتطلب الأمر رفع بعض تكوينات تلك المنطقة واستبدالها بأفضل منها ذات قدرة تحمل عالية.

وفي حالة اعتراض الطريق أودية فيجب انشاء جسور وقناطر وبأوضاع ملائمة لتلك الطرق وبارتفاع يسمح بعبور اكبر موجة سيل يشهدها الوادي لتجنب مخاطرها التي تؤدي الى تدمير العديد من تلك الجسور في المناطق الصحراوية، عندما تتعرض الى أمطار شديدة ينتج عنها سيول عارمة تغمر الجسور فتعمل التعرية الشديدة مع قوة

اندفاع المياه التي تضغط بها على الجسورعلى تدميرها،كما حدث في الصحراء الغربية من العراق،وما حدث في مدينة جدة بتاريخ 2009/11/25 ،اذ عملت الامطار الغزيرة على تدمير الجسور والطرق المارة عبر الاودية.

ت-الهضاب ذات التكوينات الهشة:

يغطي سطح مساحات واسعة من المناطق الصحراوية تكوينات غير متماسكة كالرمال وتربة اللوس، والتي تعد ضعيفة التحمل، لذا يكون مد الطرق عبرها مكلفا، وقد يتطلب الأمر أزالتها واستبدالها بأخرى افضل منها، وربما تكون الرمال على عمق كبير يصعب رفعها ومعالجتها ومد الطرق فوقها، مثل صحراء الربع الخالي في الجزيرة العربية وبحار الرمال في الصحراء الأفريقية.

وحتى ان تم مد تلك الطرق فهنالك مشكلة اخرى تتعرض لها تلك المناطق وهي تحرك الرمال والأتربة نحوها فتسبب مشاكل بيئية ومرورية، الأولى تتعلق بتحديد الرؤيا والتلوث، والثانية تجمع كميات كبيرة من الرمال فوق الطريق فتؤثر على حركة المرور وتعمل على عرقلته، وقد يتسبب في حوادث ينتج عنها خسائر مادية وبشرية.

وهذا ما حدث في ولاية نيفادا الأمريكية إذ يؤدي زحف الرمال الى تغطية طريق المرور السريع مما يضطر الجهات المسؤولة الى أزالته بين فترة واخرى،يصل الى ثلاث مرات في السنة على الأقل، وفي كل مرة يزاح ما بين 1500و 4000م^3 من الرمال، ورغم المحاولات الجادة لتثبيت الكثبان الرملية الا انها لم تفلح .[12]

4- مناطق البحيرات والمستنقعات الجافة ومجاري الانهار المطمورة:

يغطي سطح البحيرات والمستنقعات الجافة رواسب غير متماسكة وهشة ضعيفة التحمل، لذا تتعرض الى الهبوط والانخساف عند مرور المركبات الثقيلة فوقها، وعليه يجب معالجة تلك التكوينات من خلال خلطها بمواد تسهم في تحسين خصائصها، او استبدالها بتكوينات افضل.

وكذلك الحال بالنسبة لمجاري الانهار المطمورة او المتروكة التي تتكون من رواسب رملية ضعيفة التحمل تغطيها طبقة رقيقة من الطين، فعند مد الطرق فوقها تتعرض الى الهبوط، وربما يصل مستوى المطبات الناتجة عن الهبوط الى حد لايمكن ان تمر السيارات الصغيرة والمتوسطة من المرور عليها، وهذا ما حدث في مدينة الرمادي في العراق، اذ تعرض أحد الطرق المارة فوق نهر مطمور لمسافة لاتزيد عن 1كم الى الهبوط لمرور المركبات الثقيلة عليه، وتمت معالجته بحلول ترقيعية عدة مرات،والتي لم تجدي نفعا ،وأخرها وهو رفع تلك التكوينات واستبدالها بصخور صلبة، وقد كانت تكاليف المعالجة تفوق كلفة انشاء هذا الجزء من الطريق اكثر من ضعفين.

5 – مناطق التكوينات الجليدية:

تعد المناطق التي كان يغطيها الجليد سابقا والمناطق التي غطتها الرواسب الجليدية من المناطق الضعيفة التماسك والتحمل،ذا يعمل التجمد والذوبان على اضعاف تماسك تلك التكوينات، وكذلك الحال بالنسبة للرواسب التي تنقلها

الثلوج والمياه الناتجة عن أذابتها فهي ضعيفة التماسك والتحمل، لذا عند مد الطريق فوقها يجب معالجتها من خلال حقنها بمواد صلصالية غير مسامية تزيد من تماسكها.[13]

ومن الجدير بالذكر ان اختيار المواضع الملائمة لانشاء الطريق لا يتوقف على التكوينات السطحية فقط بل يشمل التي تحتها، فكلما كانت صلبة وخالية من الشقوق والكسور ساعدت على زيادة قوة تحمل الطبقة العليا وتسهم في إدامة الطريق، وبالعكس إذ يؤدي ضعفها الى قلة مقاومة او اضعاف الطبقة التي تعلوها، وعليه يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار نوع تلك التكوينات عند انشاء الطرق.

ثانيا-التكوينات السطحية وتحت السطحية(التربة والصخور)

1-التكوينات السطحية

تعد التكوينات السطحية وتحت السطحية ذات أهمية كبيرة في مجال العمران وخاصة في تحديد نوع الأسس وعدد الطوابق التي يمكن أقامتها في أي مكان، فالتكوينات السطحية قد تكون طبقات صخرية صماء تمتد الى أعماق تصل عدة أمتار،او طبقة قليلة السمك ترتكز فوق طبقة طينية ضعيفة،او قد تكون الطبقة السطحية عبارة عن ترسبات منقولة اومشتقة، أي عبارة عن طبقة من التربة ترتكز على طبقة صخرية،او تكون تربة عضوية ناتجة عن عمليات طمر النفايات، إذ تختلف تلك التكوينات في خصائصها عن بعضها البعض والتي تنعكس آثارها على تماسكها وقدرة تحملها، فالتربة المفككة كالرملية واللوس اضعف تلك التكوينات، وكذلك التربة المتجمدة التي تتعرض الى الذوبان، واخيرا مناطق طمر النفايات التي تعد ضعيفة التماسك وذات مخاطر كبيرة لعدم ثباتها لتنوع مكوناتها وعدم تحولها الى وضعها النهائي، لذا تتعرض الى الهبوط بشكل مستمر وبطيء خاصة في المناطق الرطبة، وقد تحدث تفاعلات في التكوينات المطمورة فينتج عنها غازات ربما بكميات تؤدي الى حدوث انفجار في تلك المواضع التي تجمعت فيها، والتي تتضمن كسور أو شقوق تسمح بتسرب تلك الغازات الى الخارج فينتج عنها مشاكل كثيرة، على أية حال ان إقامة الأبنية الثقيلة فوق مثل تلك المناطق يؤدي الى هبوطها بسرعة، ومن ثم تعرض البناء الى التصدع والتشقق او الانهيار.

2-التكوينات تحت السطحية

ان التكوينات تحت السطحية لاتقل أهمية عن السطحية، إذ هنالك تضامن بين الاثنين من حيث التأثير على العمران، فكلما كانت صلبة ساعدت على إقامة أبنية متعددة الطوابق وثقيلة،اما إذا كانت ضعيفة فلا تسمح بذلك، وتعد الصخور النارية من افضل انواع الصخور من حيث الصلابة، في حين تعد الصخور الرسوبية الطينية من الصخور الضعيفة، كما تقل قوة الصخور مع زيادة ماتتضمنه من فواصل وكسور والتي تمثل مواضع الضعف فيها، وفي حالة استغلالها يجب تحسين خواصها او اتخاذ إجراءات مناسبة لغرض تجنب المشاكل التي تعمل على زيادة الكلف.

وقد تتعرض بعض المناطق الى عمليات الهبوط والانخساف ولاسباب مختلفة ومنها ما ياتي:

أ- المناطق السهلية المنبسطة التي تتضمن تكوينات تحت السطحية هشة ينتج عنها هبوط الى الاسفل دون حدوث زحزحة جانبية في المواد الهابطة.

ب- المناطق الجبلية التي ترتكز فيها رواسب الطفل الجليدي فوق طبقات الجليد فعند ذوبان الجليد تهبط الترسبات نحوالاسفل لتحل محل الجليد الذائب، كما تتعرض الى تلك الظاهرة التربة المتجمدة عند ذوبان الجليد الموجود في مساماتها فيقل تماسك حبيباتها لوجود فراغات بينها، مما يؤدي الى تحرك تلك الحبيبات جانبا ونحو الاسفل لملء تلك الفراغات فتهبط نحو الاسفل.

ت- مواقع التنجيم الخاصة بالبحث عن المعادن والفحم والتي يترتب عليها إزالة التكوينات تحت السطحية، فإذا كانت الطبقة السطحية قليلة السمك تتعرض الى الهبوط.

ث- مناطق الصخور الجيرية(الكارست) وخاصة في المناطق الرطبة،إذ تؤدي عمليات التجوية والإذابة الناتجة عن المياه الجوفية الى تكون حفر وكهوف في الطبقات تحت السطحية، والتي تتوسع وتكبر بمرور الزمن لقابلية تلك الصخور على الذوبان بالماء حتى تصبح الطبقة السطحية رقيقة وضعيفة التماسك فتنخسف او تهبط الى الاسفل.

ج- تعرض المناطق الضعيفة التماسك والصلابة الى ضغط يفوق طاقة تحملها مثل مرور مركبات الحمل او إقامة أبنية ثقيلة.

ح- المناطق التي يتم سحب السوائل من تحتها كالمياه والنفط فتترك فراغات كبيرة تحت الطبقة السطحية والتي قد تصل الى نطاق يؤدي الى هبوط الطبقة السطحية.

خ- مناطق الطمر الصحي التي تتكون من طبقات سميكة تتعرض الى التحلل والاذابة فتهبط الارض، خاصة اذا اقيمت فوقها ابنية ثقيلة.

3- التركيب الكيميائي للتربة والصخور:

تحتوي التكوينات السطحية من الترب والصخور على معادن مختلفة ذات خصائص متباينة، بعضها لها القابلية على التشبع بالماء والانتفاخ والانكماش او الإذابة والتي تنعكس أثارها على الأبنية المقامة فوقها،ذا تتعرض الجدران الى التصدع والبعض الى الهبوط فيختل توازن الأبواب والشبابيك، وقد تتوقف حركتها عند الفتح او الغلق.

كما تضم الصخور معادن ذات معامل تمدد حراري كبير، فينتج عنها تفكك الكتل التي تحتويها وخاصة في المناطق التي يكون المدى الحراري فيها كبيرا، ويظهر ذلك واضحا في الكتل الكونكريتية التي تستخدم في البناء[البلوك]، والذي يتعرض الى التصدع نتيجة لتمدد وتقلص تلك المعادن، وتتضمن بعض التكوينات معادن لها القابلية على التفاعل مع معادن أخرى مثل اكاسيد الحديد مع أملاح الصوديوم والكالسيوم فينتج عنها تأكل أنابيب شبكات المياه المدفونة في الارض، فينتج عنها تسرب كميات كبيرة من المياه والتي تصل آثارها الى الأسس وارضيات الأبنية القريبة منها فتعمل

على إذابة بعض التكوينات الواقعة تحت الأسس فتقلل من صلابتها وقوة تحملها، فتتعرض تلك المواضع الى الهبوط فتتشقق جدران الأبنية،وعليه يفضل عدم دفن الأنابيب في مثل تلك التكوينات،او تغليفها بمادة عازلة تمنع تأثير الأملاح إذا كانت مدفونة،وتأثير المناخ إذا كانت مكشوفة. (14)

4- نفاذية التكوينات السطحية:

تتباين نفاذية التكوينات السطحية من مكان لاخر, فبعضها كتيمة أي قليلة النفاذية ولاتسمح بتسرب المياه المتجمعة فوقها الى الطبقات التي تحتها مثل الترب الطينية الثقيلة،والتي تنعكس آثارها على الأبنية المقامة فوقها او بالقرب منها، خاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها مجاري لتصريف مياه الامطار، اذ تتسرب تلك المياه نحو الأسس والجدران فتترك اثارا سلبية فيها، ويزداد التأثير مع زيادة الفراغات التي تتضمنها الأسس والجدران فتسمح بتسرب اكبر كمية من المياه نحوها،وقد تعمل على تشويه أرضيات الأبنية ومماشيها، فضلا عن احتواء تلك المياه على أملاح،والتي تزيد من شدة تأثيرها نتيجة لتفاعلها مع بعض معادن مواد البناء فتعمل على أضعاف تماسكها ومن ثم صلابتها.

ومن الجدير بالذكر ان نوعية الأسس يعتمد على طبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية وتكون على نوعين هما:

أ- أسس سطحية:

يستخدم هذا النوع في المناطق الصلبة غبر القابلة للانضغاط، وقد تكون الأسس عريضة لزيادة قدرتها على تحمل الأعمدة والجدران،اما إذا كانت الأبنية كبيرة وثقيلة ولغرض زيادة قدرة التحمل تستخدم أسس حصيرية تغطي جميع المساحة المخصصة للبناء،اذ تكون تلك الأسس عبارة عن كتلة كونكريتية صلبة غبر قابلة للهبوط.

ب- أسس عميقة:

يستخدم هذا النوع عند بناء المنشآت الضخمة التي تقام فوق صخور ضعيفة او تربة هشة، اذ يتم استخدام أسلوب الركائز الكونكريتية التي ترتكز على الطبقات الصخرية الصلبة التي تقع تحت الطبقات السطحية، اذ يتم حفر الطبقة الهشة والتي قد يصل سمكها عدة أمتار.

وعند اختيار مواضع الأسس يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار التأثيرات المستقبلية سواء تأثير البيئة التي تقام فيها او مدى استقرارها العمودي بعد إقامة البناء عليها.(15)

ثالثا-المياه الجوفية والرطوبة:

ان وجود المياه الجوفية في الترب والصخور وعلى مناسيب قريبة من الأسس له اثار سيئة على المنشآت المقامة في تلك الأماكن، إذ تعمل تلك المياه على تغيير خصائص التربة وتقلل من قدرتها على التحمل، كما تؤثر على الأبنية من ناحية جمالية وصحية وإنشائية من خلال حدوث ظاهرة التزهر وتنشيط تفاعل الأملاح، وخاصة الكبريتية منها مع

مركبات الأسمنت فتؤدي الى أضعاف الخرسانة،ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر فيها المياه هو انجما دها داخل الكتل الكونكريتية فيعمل على تفككها، فضلا عن صدأ وتأكل بعض المعادن فيتشوه مظهر الجدران وتقل صلابة مكوناتها، وتزداد فيها عمليات التعرية والتجوية.

وتنتقل المياه والرطوبة الى الأبنية بعدة طرق منها ما يأتي:

أ- انتقال الرطوبة بواسطة الخاصية الشعرية من التربة الى الأسس والجدران والأرضيات والمماشي، اذ تزداد نسبة المياه المنتقلة، كلما كانت مناسيبها مرتفعة وقريبة من المباني، وتقل نسبتها بانخفاض مناسيبها وابتعادها عن المبنى.

ب- وجود خلل اوعيوب في الجدران والسقوف تسمح بتسرب المياه الى الجدران، ويكون تأثيرها من الأعلى.

ت- وجود كسور او ثقوب في الأنابيب المارة عبر الجدران او بالقرب منها،والتي تسمح بتسرب المياه نحو الأسس والجدران.

ث- وجود تشققات وكسور وحفر وثقوب في الجدران والأسس القريبة من سطح الارض،والتي تسمح بتسرب المياه المتجمعة فوق المناطق المجاورة نحوالابنية.

ج- احتواء بعض مواد البناء على الرطوبة عند استخدامها فتعمل على ترطيب بقية المواد التي تلامسها.

ح- تعرض الأجزاء الخارجية من المباني الى الرطوبة الناتجة عن الامطار وبخار الماء في الهواء وخاصة المناطق الواقعة قرب شواطيء البحار.[16]

خ- ارتفاع مناسيب مياه الانهار في مواسم الفيضان فينتج عنها ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وخاصة في المناطق التي تقع على مستوى اقل من مناسيب المياه عند ارتفاعها.

مراجع الفصل الاول

1- Gebremedhin Berhane • Kristine Walraevens, Geological and geotechnical constraints for urban planning and natural environment protection: a case study from Mekelle City, Northern Ethiopia, Published online: 11 September 2012_ Springer-Verlag ,p.6.

2-د.خلف حسين علي الدليمي،تخطيط المدن،نظريات-اساليب -معايير-تقنيات،ط1،دار صفاء للنشر ،عمان-الاردن،2015،ص111.

3- الاشتراطات الفنية لاعداد الدراسات الجيوتقنية،بحث منشور على الموقع الاليكتروني،
https://www.momra.gov.sa/GeneralServ/Specs/guid0012.asp

4-أسباب تصدع و إنهيار المنشآت،بحث منشور على الموقع الاليكتروني،
https://www.scribd.com/doc/176363149

5-د.خلف حسين علي الدليمي ،علم شكل الارض التطبيقي، ط1،دار صفاء للنشر ،عمان-الاردن،2012، ص444- 446

6- د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا،مركز الكتب الاردني،عمان،1990 ، ص236- 237.

7- أدور كلير ؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق, ص 138.

8- د.حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا،دراسة الاشكال التضاريسية لسطح الارض،ط3،مؤسسة الثقافة الجامعية،القاهرة 1976 ، ص 332

9- د.خلف حسين علي الدليمي ،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص445.

10- Anne R.Beer;Environmental Planning for site development, opcit,p75.

11- د.خلف حسين علي الدليمي ،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص451.

12-ارثين ليفون وزميله؛ أنشاء المباني،ط1،دار للكتب للطباعة والنشر ،بغداد،1982,ص 404.

13- د.حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا, مصدر سابق، ص512

14- د.خلف حسين علي الدليمي ،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص451

15- Anne R.Beer;Environmental Planning for site development, opcit,p77

16- ارثين ليفون وزميله؛ أنشاء المباني،ط1،دار للكتب للطباعة والنشر ،بغداد،مصدر سابق،ص411.

الفصل الثاني–مشاكل هبوط الارض والمنحدرات واثارها على المشاريع الهندسية

المبحث الاول–تعريف الهبوط واسبابه

المبحث الثاني–مظاهر الهبوط في الوطن العربي:

المبحث الثالث – مشاكل الانحدارات والتعرية واثارها على تخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الرابع – أسباب تعرض المنحدرات او السفوح الى العمليات الجيومورفولوجية.

المبحث الخامس – تقييم الأضرار الناتجة عن البناء فوق أرض المنحدرات الضعيفة:

المبحث الاول–تعريف الهبوط واسبابه

اولا–تعريف الهبوط

يعني الهبوط او تحرك جزء من سطح الارض نحو الاسفل او بشكل افقي،وقد يكون بشكل كلي او جزئي،أي بشكل مستوي او مائل،أي هنالك هبوط لكتلة بشكل مستوي نحو الاسفل ويتحرك ما فوقها من ابنية او غيرها بشكل مستوي ايضا،او يتحرك جزء بشكل اعمق من الاجزاء الاخرى،فيتخذ الهبوط شكل مائل.

والهبوط يعني تعرض جزء من سطح الأرض الى التحرك نحو الأسفل عما يحيط به ،فيظهر منخفض عما يجاوره ،وتختلف درجة الهبوط من مكان لأخر حسب العامل المسبب لذلك ،كما أنها متباينة الحدوث من حيث السرعة ،فبعضها بطيئة وتستمر عشرات السنوات كما هول الحال بالنسبة للمناطق التي يتم سحب المياه من تحتها،او التي تتغير فيها خصائص التربة ،او قد تكون سريعة الحدوث وعميقة مثل ظاهرة تكهف الطبقة تحت السطحية، ثم تتعرض الى الهبوط بشكل مفاجئ ،كما ان مدى تأثيرها على النشاط البشري يختلف من مكان لأخر حسب نوعية الأنشطة التي تمارس في مكان الهبوط.

وتعد ظاهرة هبوط الأرض من المشاكل التي تعرضت لها مناطق عدة في العالم ،ورغم أنها قديمة الا ان أثارها ومخاطرها بدت واضحة في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين نتيجة للتطور العمراني والمشاريع المختلفة ،وذلك مع زيادة استغلال الموارد الطبيعية وتوسع المدن ،وقد كانت تلك الظاهرة في بادئ الأمر تحدث لأسباب طبيعية ،الا أن تدخل الإنسان في شؤون البيئة أسهم في ارتفاع معدلات حدوث تلك الظاهرة ،كما ارتفع عدد الحالات والمشاكل الناتجة عنها.

ولغرض تغطية الجوانب الأساسية للموضوع سوف يتم تناول العوامل المسببة لذلك والأحداث والمشاكل الناتجة عنها.

ثانيا–اسباب الهبوط

1–هبوط ناتج عن انخفاض منسوب المياه الجوفية

2– هبوط ناتج عن سحب البترول والغاز

3–هبوط ناتج عن عمليات التعدين الباطني

4–هبوط ناتج عن عمليات الري

5–هبوط ناتج عن تأثير الزلازل

6–هبوط ناتج عن الميل والانحدارات

7–هبوط ناتج عن تأثير الجاذبية الأرضية

8– هبوط ناتج عن تأثير مياه الأمطار النادرة

9-هبوط ناتج عن ارتفاع درجات الحرارة

10- هبوط ناتج عن تغير خصائص التربة.[1]

11 –هبوط ناتج عن تأثير الأحمال الساكنة على الأرض كالمنشئات والمباني

12-هبوط ناتج عن تأثير الأحمال المتحركة على طبقات التربة كحركة الإنسان والعربات والمركبات.

13--هبوط ناتج عن التراكيب الجيولوجية الثانوية (الكسور والطيات والفواصل والشقوق)

14-هبوط ناتج عن ظاهرة التكهف(الكارست)

15-هبوط ناتج عن هبوط نيازك على سطح الأرض

وسيتم استعراض تلك الأسباب بشكل مختصر وكما يأتي:

1-هبوط ناتج عن انخفاض منسوب المياه الجوفية

يتعرض سطح الأرض في بعض الأماكن إلى حركة أفقية أو رأسية ناتجة عن ضخ واستغلال الماء الجوفي ،وتعرف الحركة الرأسية للقشرة الأرضية بهبوط سطح الأرض ،ويظهر هذا واضح في المناطق التي يتركز فيها استغلال المياه الجوفية على نطاق واسع،وتتجاوز كمية الضخ المعدلات المحددة وفق نطاق الأمان ،وتنخفض تبعا لذلك مناسيب المياه الجوفية في الخزانات المستغلة،فيسمح ذلك بتحرك الطبقة التي كانت مشبعة بالمياه إلى الأسفل لكي تحل ذرات التربة مكان الفراغ الذي تركته المياه،ويزداد هذا الهبوط كلما ازداد هبوط منسوب الماء الجوفي ،وكلما ازداد سمك الخزان الجوفي أو الطبقات شبه الصماء أو الحابسة تصبح هذه الطبقات أكثر إنضغاطية،فيزداد عمق المنطقة الهابطة .

ومن الجدير بالذكر أن الهبوط غير المنتظم أوالمتفاوت لسطح الأرض يظهر نتيجة زيادة الاختلاف أو الفرق بين العوامل المذكورة اعلاه ،ويعد الهبوط غير المنتظم أشد خطورة من الهبوط العادي أو المنتظم.

أما الحركة الأفقية لسطح الأرض أو القشرة الأرضية فيمكن أن تسبب شروخا وشقوقا في سطح الأرض ،فينتج مزيدا من الدمار لكل ما هو موجود فوق سطحها ،وقد سجلت حالات انهيار وتدمير كامل لكثير من الجسور والمباني والطرق والأنفاق وخطوط السكك الحديد ،وخطوط شبكات المياه والمجاري والكهرباء،فضلا عن انهيار وتقوس كثير من أنابيب تغليف آبار المياه الجوفية وذلك نتيجة لإجهاد التكوينات الصخرية .

وسجلت ايضا كثير من حالات انعكاس ميل قنوات خاصة بالري والصرف الصحي، نتيجة الهبوط التفاضلي والمتفاوت لسطح الأرض،وقد تسبب ظاهرة الهبوط فى سطح الأرض زيادة فى خطورة الفيضانات التي تتعرض لها المناطق المنخفضة .

ومن الشواهد على هبوط الأرض بسبب استخراج المياه الجوفية ما يأتي:

أ-تعد مدينة البندقية فى ايطاليا إحدى الأمثلة الواضحة التي تعانى من مشاكل هبوط الأرض بشكل خطير ،وتتعرض كذلك لفيضانات بحرية عديدة ناتجة عن ظاهرة المد العالي المتكررة ،وقد هبط سطح الأرض فى هذه المدينة بمقدار (15 سم) فى المدة ما بين(1930-1973)،وذلك نتيجة الضخ الشديد للمياه الجوفية،للأغراض الصناعية فى منطقة ميناء مار جيرا،التي تبعد عن مركز مدينة البندقية حوالي7 كيلو متر .

ويرى العلماء أن سطح الأرض في البندقية سوف يستمر فى الهبوط وبمقدار (3سم) إذا استمر معدل الضخ الحالي للمياه الجوفية، أما إذا أوقف الضخ الحالي للمياه الجوفية فى كل المنطقة سوف يتوقف الهبوط في مناطق الأبنية والمنشآت ،وربما تعود المناطق التي لا يوجد فوقها اثقال الى مستوى مقارب لما كانت عليه سابقا بعد فترة من الزمن تصل الى أكثر من عشرين سنة.

ب-هبوط أجزاء من مدينة المكسيك بمقدار (8م) وذلك منذ بدا عمليات ضخ الماء الجوفي الشديد والمكثف عام 1938.

ت- شهدت اليابان هبوط أجزاء من مدينتي طوكيو واوساكا ،وكان أقصى هبوط سجل فيها هو(4 أمتار)،وذلك في الفترة ما بين 1928 و1934.

ث- مدينة تابيه في الصين سجلت هبوط قدره متر واحد ، نتيجة لضخ الماء من حوض تايبيه الجوفي.

ج- تعرض أجزاء من مدينة لندن الى هبوط بمقدار يتراوح مابين(16-18 سم) خلال الفترة ما بين (1865-1930 (،وذلك نتيجة لانضغاط طبقات الطين السميكة، والتي سببها هبوط السطح البيزومتري للخزان الجوفي الطباشيري الذي يقع أسفل هذه الطبقات.

ح-هبوط المنطقة الصناعية في مدينة باتون – روج بولاية أريزونا ،اذ يتركز استغلال الماء الجوفي،فنتج عن ذلك هبوط الأرض بمقدار 30 سم نتيجة انخفاض السطح البيزومتري بمقدار (60 سم)،وذلك منذ بدا عمليات الضخ عام 1890،اى أن معدل الهبوط كان5 سم لكل عشرة أمتار هبوط في السطح البيزومتري.

خ-هبوط في منطقة هوستن- جال فستون بتكساس،كان أقصى هبوط لسطح الأرض هو(150سم)وذلك نتيجة هبوط في منسوب المياه الجوفية بمعدل(60 مترا)،أي ما يعادل (25سم) لكل عشرة أمتار هبوط في منسوب المياه الجوفي .

وقد أشارت التقارير الحديثة عن هبوط سطح الأرض في المنطقة المذكورة قد ازداد حتى وصل الى(2.7 مترا)،مما سبب في ازدياد الفيضانات للمناطق المنخفضة نتيجة موجات المد العالي التي تحدث في المنطقة.

كما أدى هذا الهبوط والفيضانات الى تدمير العديد من المباني والإنشاءات المختلفة، وقدرت هذه الخسائر مابين 1969-1973 بحوالي 73 مليون دولار.

د- تعرضت مناطق واسعة الى الهبوط السطحي بولاية كاليفورنيا،اذ هبطت مساحة تقدر بنحو ثلث حوض وادي سان خواكين لاكثر من قدم ، وهذه المساحة تعلو خزانات تحتية حبيسة تقع على عمق 200 متر من السطح.

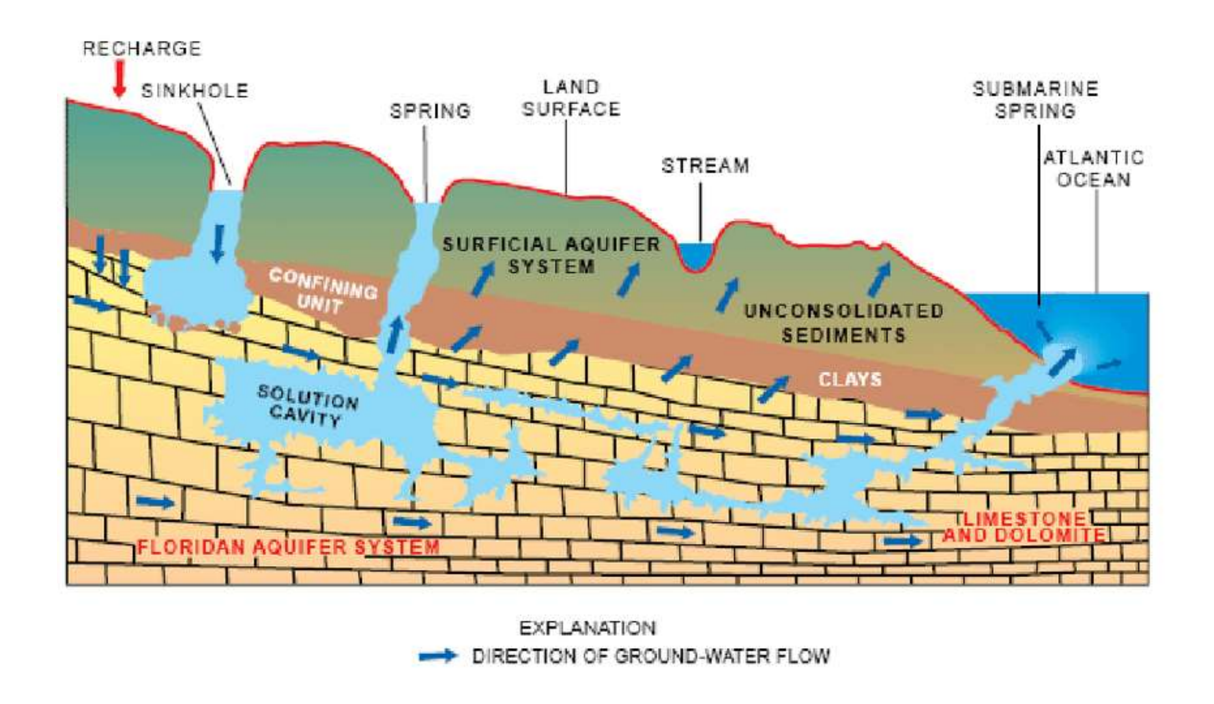
ذ-تعرض بعض مناطق نيوزيلندا الى الهبوط، وخاصة فى اماكن استغلال الماء الجوفي الساخن من حقول الماء الحراري الجوفي،واستخدامه فى عمليات توليد الطاقة الكهربائية والتدفئة والإغراض الأخرى،وقد حدث هبوط فى منطقة ايركى بمعدلة(40سم) فى السنة ،وقدرت مساحة المنطقة المتأثرة بهذا الهبوط بحوالي (65 كيلو متر مربع) وصل الهبوط الكلى لسطح الأرض منذ بدأ استغلال الحقل الجوفي الحراري عام 1956 الى حوالي 4 أمتار.

ر- تعرض احدى المناطق في مصر الى هبوط ارضي واضح في منطقة التحتنية بالواحات البحرية قرب مدينة الباويطى التي تمارس فيها زراعة كثيفة،نتيجة سحب المياه الجوفية من آبار عدة،وقد كان من نتائج ذلك هبوط سطح الأرض،فنتج عنه تجمع المياه بالمنطقة الهابطة على شكل مستنقعات مائية وسبخات في المناطق الواطئة منها.[2]

ز- هبوط منطقة الرام في بعلبك اللبنانية، وجدت في بعلبك في البقاع الشمالي ،اذ اكتشف مزارع اثناء حراثته فجوة او نفق على عمق 100م،اذ حصل انخساف على بقطر 5م وعمق 150م،كان نتيجة تحرك المياه الجوفية في الممرات ومسالك ضمن الطبقات الصخرية،وقد كان للامطار الغزيرة وذوبان الثلوج دور كبير في تكون تلك الكهف،شكل(2-1) صورتان لهبوط في بعلبك.[4]



وقد تتعرض الصخور الجيرية الى عمل المياه السطحية والباطنية التي تعمل على تاكلها فتترك اثار نتيجة الاذابة على شكل حفر ومجاري مائية وكهوف،شكل(2-2)مخطط يوضح عمل المياه.



2- الهبوط الناتج عن سحب البترول والغاز

ان الهبوط الأرضي الناتج عن استخراج البترول والغاز الطبيعي عادة ما يتميز بمحليته وتركزه في مناطق محددة وواضحة بشكل اكبر مما يترتب على سحب المياه الجوفية،ومن مناطق الهبوط الرئيسية الناتجة عن سحب البترول منطقة حقل ولمنجتون في كاليفورنيا بالولايات المتحدة ،اذ كان الهبوط بيضوي الشكل ويمتد محوره من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي، وقد بلغ عمق الهبوط الأرضي الذي تعرضت له المنطقة خلال الفترة من 1928 الى 1971 تسعة أمتار ونصف تقريبا، وعادة ما يرتبط الهبوط في مناطق استخراج البترول بحركات أفقية تؤدي الى تشويه الطبقة السطحية وظهور بعض التموجات،وقدرت خسائر الهبوط فى المعدات والإنشاءات فى هذه المنطقة بحوالي 100 مليون دولار .

وقد عولجت ظاهرة الهبوط وتم إيقافها بواسطة حقن المياه المالحة فى المصائد أو الخزانات النفطية ،وقد لوحظ أن هناك ارتفاع لسطح الأرض فى بعض المناطق التي حقنت بمعدلات كبيرة .

3-الهبوط الناتج عن عمليات التعدين الباطني:

تعد عمليات التعدين الباطني احد أسباب حدوث الهبوط الموضعي في كثير من المناجم ،حيث يعد التعدين بمثابة إزالة جزء من مكونات القشرة الأرضية تحت السطحية ،وتكوين تجاويف تحتية تتعرض أسطحها للانهيار،خاصة مع زيادة كمية المواد التي يتم تعدينها، وشق ممرات رئيسية أفقية ورأسية داخل المنجم تؤدي الى تقويض سفلي يتسبب عنه في كثير من الأحيان تدمير وتشويه لسطح الأرض في مناطق التعدين.

وكثيرا ما يؤدي استخراج الفحم في أوربا الى حدوث هبوط ارضي في مساحات واسعة حول مناطق الاستخراج تتعرض للغمر، مثلما حدث من هبوط للأرض بالسهل الفيضي لنهر ستور قرب كنتربري في بريطانيا بسبب تعدين طبقة من الفحم يتراوح سمكها ما بين 1.2 الى 1.5 متر ، وقد بلغ الهبوط الذي بدأ بالظهور منذ عام 1933 الى 60 سم.

4–الهبوط الناتج عن عمليات الري:

يرافق بعض عمليات ري المحاصيل الزراعية هبوط ارضي في بعض المناطق الزراعية،مثل مناطق رواسب المراوح الفيضية الهامشية،كما هو في وادي سان خواكين بكاليفورنيا ،اذ شهدت هبوطا تراوح ما بين 5 الى 15 قدما ، وعادة ما يحدث الهبوط بسبب تعاقب الرطوبة مع الجفاف على انواع التربة الصلصالية،فيؤدي جفافها بعد ترطيبها الى تصلبها وانكماشها.

والواقع رغم ان ظاهرة الهبوط السطحي للأرض غير ملحوظة في كثير من المناطق خاصة في الدول غير المتقدمة التي لا تتوفر فيها عمليات مسح وقياسات دقيقة الا ان نتائجها ذات اثر كبير على العديد من الاستخدامات البشرية المختلفة ، فالهبوط يرتبط مثلا بحدوث اضطراب في نظم الري والصرف وانهيار السدود والخزانات السطحية وهبوط المباني.[4]

5–الهبوط الناتج عن تأثير الزلازل:

تعد الزلازل أو الهزات الأرضية إحد الظواهر الطبيعية التي تصيب بقاعاً واسعة من الأرض بصورة مستمرة،وخاصة المناطق التي تقع في مناطق يمر عبرها خط زلزالي، وتصيب مواقع أخرى بصورة مفاجئة مسببة في كلا الحالتين الكوارث والدمار إذا كانت شدتها كبيرة ، وإذا وقعت بؤرتها تحت مناطق مأهولة بالسكان،وبمعنى اخر حدوث حركات موجية في تكوينات القشرة الأرضية يعقب ذلك تحرر الطاقة من الغلاف الصخري، وهذه الطاقة تتولد نتيجة لإزاحة عمودية أو أفقية ضمن صخور القشرة الأرضية عبر الصد وع التي تحدث لتعرضها المستمر للتقلصات والضغوط الكبيرة، فالزلازل الأرضية تولد حركات موجية طولية وعرضية،والتي تتراكب فيما بينها بالقرب من القشرة الأرضية ،فتحدث تشققات في سطح الارض ينتج عنها تدمير الابنية والطرق والجسور والبنى التحتية، كما تعمل على تزعزع استقرار الصخور على المنحدرات فتؤدي الى حصول الانهيارات الأرضية أو الى انزلاق المنحدرات.

ان الهزات الأرضية التي تحدث بين حين وأخر في كل من البحر الأحمر وخليج عدن وخليج تاجروا في جيبوتي التي تبلغ قوتها 4.5 بمقياس ريختر نتيجة الإجهادات للتوسع المحوري لكل من البحر الأحمر وخليج عدن لها تأثير مباشر أو غير مباشر على بعض المناطق بحكم ارتفاعها من ناحية وقربها من مصدر الهزات الأرضية،أو أنها تقع ضمن

الصدوع الموازية لانفتاح البحر الأحمر وخليج عدن من ناحية أخرى،الشكلان (2-3أ-ب) صورتان تبين اثر الزلازل على سطح الأرض.[5]





6-هبوط ناتج عن الميل والانحدارات

أن معظم مناطق الانهيارات والانزلاقات الأرضية على سبيل المثال في اليمن تحدث في المناطق الشديدة الانحدار ،والتي يترتب عليها عدم استقرار الكتل الصخرية والتربة الواقعة عليها، وكلما زاد الميل اختل الثبات والاستقرار وبدأ الانهيار بالحركة نحو الأسفل، أو يبقى في وضع غير مستقر، والميل مظهر طبيعي لتركيب جيولوجي أولي أو ثانوي. وينهار المنحدر الذي يتمتع بزاوية ميل اكبر من زاوية توازن القوى المؤثرة فيه،ان زاوية الميل قد تصل في بعض المناطق الى أكثر من 85 درجة وبالتالي تصبح هذه المناطق عرضة لتساقط الكتل الآهلة للسقوط وزحف التربة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية الطبيعية وبعض العوامل الأخرى.

وتعد الانحدارات من أهم الأسباب الرئيسية التي تؤدي الى انزلاق الكتل الصخرية وزحف التربة وجعل المنطقة غير مستقرة جيولوجياً،وقد يترتب على تجمع الصخور والثلوج وإقامة الأبنية الثقيلة فوق بعض السفوح حدوث عمليات هبوط في الأرض،ويكون واضحا في المناطق التي تكون هشة ورطبة.

7- تأثير الجاذبية الأرضية

أن للجاذبية الأرضية دوراً كبيراً في عملية الهبوط والانهيار والانزلاق الصخري وزحف التربة المفككة والركام الصخري على المنحدرات، والتي تؤدي الى تدمير المدرجات الزراعية والمباني السكنية والبنية التحية،وقوة الجاذبية الأرضية تزداد بزيادة مقداري الكتلة ودرجة الميل،أي تتناسب تناسبا طرديا مع مقدار الكتلة ودرجة الميل وتزداد أيضا عندما تمتلئ مسامات الصخور بالمياه أثناء تساقط الأمطار.

وان عدم الاستقرار هنا ناتج عن تأثير التجوية والتعرية التي تقلل من مقاومة سطح المنحدرات الصخرية وتسهل عملية انزلاق الصخور غير المتماسكة، أو زحف التربة الى أسفل المنحدرات بواسطة قوة جذب الأرض لها.
أو بمعنى أخر يحدث الانهيار نتيجة لزيادة القوى المسببة للانهيار عن القوى المعاكسة لها والأولى سببها قوة الجاذبية والثانية مقاومة ناتجة عن قوة التماسك والاحتكاك بين الحبيبات، ويحدث الانزلاق عادة عند نقاط الضعف الموجودة مثل الشقوق الناتجة عن اجتهادات الشد.

8- هبوط ناتج عن تأثير مياه الأمطار النادرة

تعد الأمطار من أهم عناصر المناخ ارتباطاً بحياة الإنسان ، كما أنها تتحكم في عناصر البيئة المختلفة كالتربة ونوع الغطاء النباتي وكثافته وتوزيع السكان .

وتعد الأمطار احد الأسباب الرئيسة التي تؤدي الى الهبوط والانهيارات والانزلاق الأرضية نتيجة لاحتواء الصخورعلى الشقوق والفواصل أثناء تكوينها، أو من خلال العمليات الجيولوجية اللاحقة لتكوينها، بالإضافة الى عوامل التعرية الأخرى.
فعندما تتشبع هذه الصخور بمياه الإمطار الذي يستمر الى عدة أشهر خلال فصول السنة،وظهور العيون والينابيع من خلال الشقوق والفواصل الموجودة فيها ، تؤدي الى تقليل وإضعاف قوى التماسك والشد والاحتكاك بين أسطح التلامس للكتل الصخرية، وتعمل أيضا على إذابة المواد اللاحمة في الصخور وتكوين مادة غروية أو صابونية تسهل عملية انزلاق الصخور أو التربة التي تعلوها ،كما أنها تشكل حمل وثقل إضافي على الطبقات الصخرية التي تستقر فوقها، مما يؤدي الى زيادة الوزن وتشقق الصخور نتيجة الثقل الواقع عليها، كما يسهل عملية الانزلاق للمكونات الصخرية.
أن وجود بعض الطبقات الطينية التي ترتكز عليها الكتل الصخرية المعرضة للسقوط تساعد على حدوث الانهيارات الصخرية لان هذه الطبقات لها قابلية شديدة لامتصاص المياه والانتفاخ والتشقق بعد فقدانها للمياه وبذلك تكون محفزة لحدوث الانهيارات وتساقط الكتل الصخرية.
كما تعمل مياه الأمطار التي تتجمع في الحفر التي تتضمنها الترب الهشة على تشبع تلك التكوينات بالمياه فساعد على إذابة الأملاح وبعض المواد التي تضمها تلك التكوينات،فينتج عن ذلك هبوط الأرض،ويزداد الهبوط مع جفاف الأرض بسبب أعادة ترتيب مكونات التربة لتحل محل الفراغات التي كانت تشغلها المياه.

9-هبوط ناتج عن ارتفاع درجات الحرارة

تعد الحرارة من أهم عناصر المناخ لما لها من تأثير مباشر على عناصر المناخ الأخرى وخاصة فى المناطق ذات الحرارة المرتفعة صيفياً ومنخفضة شتاء، وتنخفض درجات الحرارة بفعل عامل الارتفاع،ونتيجة لاختلاف درجات الحرارة أثناء الليل والنهار تؤدي الى استمرار تمدد الصخور وانكماشها، وهذا يؤدي بدوره الى خلخلة أجزائها وتفتتها ، كما أن التغير في درجة الحرارة يؤدي الى تولد ضغوط وجهود متباينة في الصخر، وفي اتجاهات مختلفة يكون نتيجتها على مر الوقت حدوث التشققات في الاتجاهات المختلفة، مما يساعد على تهشم الصخر وتفتته خصوصاً في الطبقات الخارجية منه ، ثم يمتد التأثير الى الطبقات التي تليها من الداخل.

كما إن الصخور غير جيدة التوصيل للحرارة، وان انتقال الحرارة من السطح إلى الداخل قليل وبالتالي لا تتمدد الأسطح الداخلية بنفس تمدد وتقلص الاسطح الخارجية، وهذا يؤثر على مدى انفراط وتكسر الصخر.

فكلما زادت الحرارة والرطوبة تزداد التجوية الكيميائية،وبالعكس ، وإذا قلت الحرارة والرطوبة زادت التجوية الميكانيكية وبالعكس ،ويظهر تنوع عمليات التجوية وتفاوتها حسب كميات الأمطار والحرارة، اذ تصبح التجوية الكيميائية نشطة في المناطق التي تزداد فيها درجة الحرارة والأمطار.

وتزيد عملية التجوية الكيماوية بحوالي الضعف أو ثلاثة أضعاف لكل ارتفاع في درجة الحرارة يساوي عشرة درجات مئوية، كما أن انخفاض درجة حرارة الماء إلى ما دون نقطة التجمد يزيد من نشاط التجويه الميكانيكي، كما تشتد عملية التجوية الميكانيكية الناجمة من التغيرات في درجات الحرارة، ففي حالة تجمد الماء يزداد حجمه في الفراغات الصخرية بنسبة 9% مما يضغط على الصخور ويفتتها ويشققها، وقد يصل ضغط الماء المتجمد والمحصور في الصخور عند درجة الحرارة – 22ْم إلى 2100 طن / قدم مربع.

شكل (2-4) صورة توضح هبوط فى التربة نتيجة التفاوت السريع فى درجات الحرارة.



10- هبوط ناتج عن تغير خصائص التربة:

أ- التربة الانتفاخية:

تشير بعض الإحصاءات الى ان الأضرار التي تلحق بالمنشآت المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشآت بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة ، وتشمل هذه المنشات المباني والطرق والجسور وخطوط الأنابيب، وكل المنشات غير المرنة والتي ترتكز على التربة الانتفاخية آو تمر من خلالها.

والمشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف الضغوط تحت المنشأ من مكان لأخر بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة في التربة الحاملة للأساسات،.فيتضح أن المباني الصغيرة والجسور والطرق تؤثر بأحمال صغيرة على التربة الانتفاخية مقارنة بضغوط الانتفاخ وآلتي تصل الى حوالي (10000 رطل/قدم2 آو (479000 باسكال) .

ب-التربة الانهيارية:

تعد التربة الانهيارية من أكثر أنواع الترب التي تتعرض الى حدوث هبوط فيها،وهي التربة التي تنهار تحت تأثير الإجهادات المنقولة من المنشآت أوتحت تأثير الإجهادات الذاتية نتيجة لوزن التربة نفسها، وتهبط بشكل فجائي عندما تزيد نسبة رطوبتها .

وقد تسمى هذه التربة كاذبة، اذ تكون ذات سلوك هندسي جيد يتمثل في قوة تحمل عاليه للإجهادات وتغير حجمي قليل عند التحميل تحت الظروف الجافة،إلا أنها تفقد كثيراً من قوه تحملها وينقص حجمها فجأة عند تشبعها بالماء، وتنتشر هذه التربة على مساحات شاسعة في العالم،شكل (2-5) صورة تبين هبوط التربة الانهيارية.



ت- تميع التربة

يعد تميع التربة من أسباب انهيار المنشآت الناتج عن الزلازل،وهو يحدث في الطبقات العليا المحمولة،أي الترب المفككة والمشبعة،لذا كثيراً ما يلاحظ ذلك قرب المناطق الساحلية.

ويعرف التميع بأنه هبوط مفاجئ في مقاومة القص،وهو يكافئ هبوط في قدرة تحمل التربة مما يؤدي إلى تميعها وسيلانها وفورانها،وبالتالي تهبط الطبقات العليا المحمولة ،شكل (2−6) صورة لحدوث تميع في التربة قرب مركز زلزال اضنة التركي.



أن استمرار دوران قوى القص المتعاكسة في الرمل المشبع (كما يحصل أثناء الزلزال) يؤدي إلى زيادة الضغط المسامي، والذي يؤدي بدوره إلى تناقص الإجهاد الزلزالي الفعال وقوى القص، ويحصل تميع التربة عندما تصل قيمة قوة القص إلى الصفر.

وإن المناطق التي كانت فيما مضى مسالك مائية أو مستنقعات أو بحيرات أو مناطق مستصلحة بطريقة الغمر المائي تتصف بارتفاع احتمال تعرضها لهذه الظاهرة، ولا يوجد حل تصميمي فعال لمثل هذه الحالة،والاجراء الوحيد هو من خلال معرفة جيولوجية المنطقة والضرر التاريخي الناتج عن زلازل سابقة في المنطقة.

وقد استخدمت الدول المتقدمة تكنولوجيا وتقنيات متطورة في البناء تناسب طبيعة المكان وتقاوم الزلازل، مثل اليابان والولايات المتحدة الأمريكية.

11 −هبوط ناتج عن تأثير الأحمال الساكنة على الأرض.

ان أقامة الأبنية في بعض المواضع او تكديس مواد ثقيلة يعد احد الأسباب التي يترتب عليها هبوط في الأرض،فقد تقام أبنية متعددة الطوابق فوق ارض ضعيفة التماسك والتحمل،وربما تكن صلبة وهي جافة ولكن هشة عندما تتشبع بالمياه،وقد تتعرض الكثير من الأبنية الى هبوط أجزاء منها فتحدث تصدعات في تلك الأبنية.

12−هبوط ناتج عن تأثير الأحمال المتحركة على طبقات التربة.

ان حركة مركبات الحمل والركاب الكبيرة تترك اثار كبيرة على الطرق التي تمر عبر ارض رملية او سبخة او كلسيه في مناطق رطبة،اذ تهبط ممرات الطرق في الجهة التي تتركز فيها حركة تلك المركبات،بينما لا تظهر اثار ذلك في الممرات التي تمر عبرها سيارات صغيرة،رغم تشابه الخصائص والظروف او في نفس المكان،وهذا يعني ان الحمولة

الكبيرة الناتجة عن ثقل المركبة وما تحمله يسهم في زيادة الضغط على الطريق وما تحته من تكوينات فتهبط الى الأسفل او تتحرك جانبا فتتحول الى مطبات وعرة يصعب المرور عبرها بمرور الزمن.

13--هبوط ناتج عن التراكيب الجيولوجية الثانوية.

تتضمن طبقات صخور القشرة الأرضية السطحية وتحت السطحية صدوع وكسور وفوالق وطيات لها الأثر الكبير في أضعاف مقاومتها،فتنعكس أثار ذلك على قدرة تحملها،لذا تتعرض بعض المواضع الى الهبوط نتيجة الضغط الذي تسببه الأحمال الثابتة او المتحركة،وقد تسهم هذه الظاهرة في زيادة عمليات التعرية والتجوية في تلك التكوينات فتقلل من قدرتها على التحمل.

14-هبوط ناتج عن ظاهرة الكارست.

ان وجود الصخور الجيرية في اي مكان له أثار سيئة على خصائص المكان،وذلك لكونها تضم معادن لها القدرة على الذوبان بالماء بسرعة،وقد ادى ذلك الى اذابة بعض التكوينات تحت السطحية بحيث تصبح الطبقة العليا رقيقة جدا،لذا تنهار بصورة طبيعية في بعض الأحيان،وربما تنهار عندما يمر فوقها مكائن ثقيلة او مركبة كبيرة،وفي كل الحالات سوف تهبط تلك المواضع على أعماق قد تصل بضع مئات من الأمتار في بعض الأحيان.

15-هبوط ناتج عن سقوط نيازك على سطح الأرض

تتعرض بعض المناطق في العالم الى سقوط النيازك من الفضاء فتترك حفر عميقة يتوقف عمقها وسعتها على حجم النيزك الساقط،كلما كبر الحجم زاد التأثير،ففي الشكل (2-7)فوهة نيزك سقط في أريزونا الشمالية.



المبحث الثاني-مظاهر الهبوط والانهيار في الوطن العربي:

اولا-مظاهر الهبوط في الأمارات العربية المتحدة

1-هبوط أرضي مفاجئ بمنطقة الرغيلات .

شهدت دولة الأمارات العربية المتحدة عدة حالات من الهبوط والتي انعكست آثارها على الأبنية والشوارع الواقعة في تلك المناطق،ففي امارة الفجيرة لم تدم فرحة احد المواطنين سوى بضعة أيام في مسكنه الجديد بمنطقة الرغيلات قبل ان تظهر مشكلة الانهيارات والتصدعات الأرضية المفاجئة في باحة البيت ، لتبدأ رحلة معاناة مع البيت الذي انتظره بفارغ الصبر هو وزوجته وأطفاله، الذين اصبح عليهم ان يتجنبوا اللعب في باحة المنزل نظرا لخطورة الحفر وعمقها الشديد والتي يمكن ان تبتلع شخصا دون ان يعلم به احد .

ويروي صاحب المنزل انه كان يلاحظ في زياراته للبيت اثناء أعمال التشطيب وقبل ان يستلمه بقليل ظهور بعض التشققات الأرضية الصغيرة التي كان يكتفي بإعادة ردمها بالرمال لتختفي بعد ذلك ، موضحا ان المشكلة تفاقمت بعد ان انتقل هو وأسرته للبيت ،اذ بدأت تظهر حفر عميقة فجأة ، ودون سابق إنذار، مما شكل خطورة على حياة أسرته وخاصة الأطفال، نظرا لعمق الحفر التي لا يعلم نهاية بعضها .

2-هبوط في منطقة خليفة أ القريبة من مستشفى المفرق – أبو ظبي

يشير احد المتضررين من هذه الكهوف ان مدينة خليفة أ كانت تلقب مع بداية ظهورها عام 1990 بمدينة الأحلام وانه ممن تحققت أحلامهم بالإقامة في هذه المدينة ، فقد حصل على ارض وشيد عليها منزلا وسكن فيه، وكانت المفاجئة في هبوط فيلا قريبة من منزله بمنسوب يزيد عن متر، وأحدث ذلك شرخا في السقف والجدران والأساسات، وامتد الهبوط الى الفيلا الملاصقة لمنزله تماما ،وكانت الخسائر فادحة، اذ انهار المبنى بكاملة وتوقف البناء بامر من البلدية،شكل (2-8)مجموعة صور تبين تضرر عدد من الأبنية في الأمارات.[6]



ثانيا- مظاهر الهبوط والانهيار في مصر :

شهدت مدن مصر هبوط العديد من الابنية والطرق والجسور ،وكانت معظم تلك الانهيارات في المناطق السكنية،فقد حدث هبوط أرضى فى المنطقة الواقعة أمام قسم باب الشعرية القديم بشارع الجيش بالعباسية ، وذلك بطول 10م وعرض 10م وعمق 15م، مما أدى إلى تسرب المياه الجوفية داخل نفق مترو أنفاق محطتي الجيش وباب الشعرية وانسداد فتحة النفق بينهما خلال أعمال حفر جارية بالنفق،شكل (2−9) صور توضح جانب من هبوط الارض.[7]



كما شهدت مصر انهيار عدد كبير من الابنية لاسباب مختلفة،فقد حدثت انهيارات في القاهرة واسوان والاسكندرية وبرج البراجنه وغيرها من المدن المصرية،والتي تسببت في خسائر مادية وبشرية،الشكل(2−10)صور لانهيار ابنية في مصر.







ثالثا- مظاهر الهبوط والانهيار في الاردن وفلسطين

1-مظاهر الهبوط في منطقة البحر الميت

يتراجع مستوى المياه في البحر الميت بمعدلات عالية تاركتا خلفها آلاف الحفر عند الشاطيء وبالقرب منه،وبعضها بعيدة عن الشاطيء،اذ يوجد حاليا ما يقارب (3000) حفرة على الجانب الفلسطيني المحتل، ومئات الحفر على الجانب الأردني ، ومستمرة تلك الحفر بالظهور باعداد كبيرة،وتظهر هذه الحفر بشكل فجائي ، وفي وقت الذي كان البحر الميت يحتوي على (40) حفرة فقط في عام 1990،وصلت حاليا الى اكثر من 3500 حفرة،شكل(2-11)صور لحفر عند شاطيء البحر الميت.





ويشير الخبراء في هذا المجال إلى أن مثل هذه الحفر تظهر حاليا بمعدل حفرة واحدة يوميا ،وأن المخيف فيها هو عدم وجود علامة بمعرفة مكان أو توقيت ظهورها.

ان ظهور هذه الحفر متعلق بصورة مباشرة بانخفاض منسوب المياه بمعدل متر واحد سنويا ، بحيث تنهار الأرض فجأة وتتشكل حفر كبيرة أحيانا، مما يشكل خطراً على المناطق المحيطة بالبحر من مزارع وطرقات وحتى أبنية كالفنادق أو المنازل،الاشكال(2-12) صور تبين اثر الحفر على الابنية والطرق.








وتتكون الحفر نتيجةً لتفاعل المياه العذبة القادمة من مياه الأمطار أو بعض الينابيع تحت الأرض بالأملاح الموجودة في الأرض بعد تعرض مساحات جديدة للتجفيف،وقد ظهرت حفر عميقة تصل الى اكثر من 10 م،وتعد مثل تلك المظاهر من الهبوط خطرة جدا على النشاط البشري وخاصة العمران والطرق وشبكات البنى التحتية،شكل(2-13)صور لمظاهر هبوط عميقة قرب البحر الميت.




وقد ظهرت بعض مناطق الهبوط قرب الشواطيء على شكل حفر دائرية الشكل،ومتجاورة،وبمستوى موازي لمنسوب مياه البحر،لذا تسربت اليها المياه فتحولت الى برك مائية،شكل(2-14)صورة لهبوط دائري .



ويعود السبب الرئيسي لجفاف البحر الميت المستمر في حرمانه من مصادر التغذية الرئيسية بالمياه مثل نهر الأردن الذي تستخدمه سلطات الاحتلال الإسرائيلية بشكل جائر في ري أراضيها الزراعية ، إضافة إلى منع مياه بعض الوديان من الوصول إليه بشكل طبيعي في الأردن مثل وادي الموجب ،فضلا عن استغلال القسم الجنوبي منه لاستخراج الأملاح المعدنية،شكل(2-15) صورلاملاح البوتاسيوم جنوب البحر الميت.[8]



2-هبوط الابنية قرب المسجد الاقصى

نظرا لما يقوم به اليهود من تحريات تحت الارض وحفر انفاق باطوال وابعاد كبيرة نتج عنها هبوط الارض في المناطق القريبة من تلك الانفاق،وتشير الدراسات المعدة في هذا ا لمجال ان حوالي 6000 شخص مهددون بالمخاطر او الهجرة بسبب التشققات التي تتسبب بها حفريات الاحتلال في بلدة سلوان الملاصقة للمسجد الأقصى المبارك،فقد تعرض 175 منزلاً والعديد من المباني في منطقة عين سلوان للتشققات الخطيرة التي قد تسبب بانهيارها في أي لحظة ، علماً أن هذه المنطقة تبعد نحو 300 متر عن الزاوية الجنوبية الشرقية لسور المسجد الأقصى.
وقد حذّر مركز معلومات وادي حلوة من خطورة استمرار عمليات الحفر واستكمال شبكة الأنفاق التي يقوم بها الاحتلال الإسرائيلي أسفل حي وادي حلوة ببلدة سلوان جنوب المسجد الأقصى، جنوبي القدس المحتلة.
وفي بيانٍ للمركز اشار الى إن التشققات والانهيارات الأرضية في حي وادي حلوة اتسعت وكان آخرها هبوط في أرض تتبع لكنيسة الروم الأرثوذكس قرب مسجد عين سلوان في الحي،والتي تستخدم كموقف لمركبات المواطنين.
ويتضح أنّ التشققات كانت نتيجة للحفريات المتواصلة التي يقوم بها الاحتلال، وتفريغ الأتربة من تحت الحي، لاستكمال شبكة الأنفاق الموصلة إلى أسوار الأقصى من الجهة الغربية،شكل(2- 16)صور تبين تشقق جدران دور السكن.




وتحاول جمعية إلعاد الاستيطانية اليهودية السيطرة على الأرض المذكورة، فقد وضع مستوطنين غرفًا خاصة لحراسهم فيها تمهيدا لاحتلالها .

وأوضح المركز أن سكان الحي واللجنة المسؤولة عنه فحصوا التشققات التي ظهرت في منطقتين بالأرض فتبين وجود أعمال حفر أسفلها بعمق أربعة أمتار، وفي منطقة أخرى بعمق ستة أمتار، كما وجد تحتها أكياس إسمنتية ومواد وأعمدة، مما يؤكد وجود نفق في المكان.

ويشير التقرير الى أن بلدية الاحتلال أجبرت ثلاث عائلات من الحي على إخلاء منازلها بحجة خطورة المباني نتيجة اتساع التشققات والانهيارات في أساسات المنازل الناتجة عن حفر الأنفاق أسفلها.

وتؤكد معلومات وادي حلوة- سلوان أن سلطات الاحتلال تواصل أعمال الحفر في شبكة أنفاق متشعبة أسفل حي وادي حلوة، تبدأ من منطقة العين مرورًا بشارع الحي الرئيس باتجاه مشروع كيدم الاستيطاني (ساحة باب المغاربة)، والبؤرة الاستيطانية مدينة داود، وصولًا إلى ساحة البراق (السور الغربي للمسجد).

وأضاف المركز أن سلطات الاحتلال تمنع الفلسطينيين من دخول بعض الأنفاق أسفل الحي، علمًا بأن لجنة الأهالي طالبت من خلال محاميها بالدخول للأنفاق للاطلاع على الأعمال التي تهدد الحي بأكمله، مشيرًا إلى أن سلطات الاحتلال تسمح بالدخول الى أجزاء وطرقات معينة فقط من الأنفاق.[9]

المبحث الثالث -مشاكل الانحدارات والتعرية واثارها على تخطيط المشاريع الهندسية

اولا- المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات:

تتعرض السفوح او المنحدرات إلى عمليات السقوط والانزلاق والهبوط والتدفق الطيني والزحف والتي تعد من المشاكل التي يتعرض لها النشاط البشري سواء فوق تلك المنحدرات او في أسفلها، وقد لا تقتصر آثارها على ذلك بل يشمل

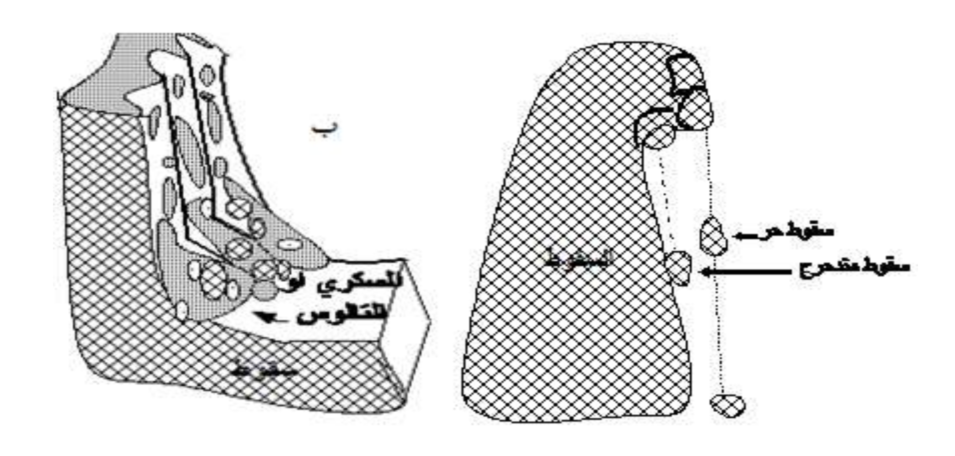
مناطق واسعة تقع على مسافة عن المنحدرات تصل عدة كيلومترات وخاصة المجاري الطينية والانهيارات. وقد تعرضت مناطق عديدة في العالم الى تلك المشاكل مثل ما حدث في المغرب عام 1988 في مدينة فاس الذي تسبب في وفاة 50 شخصا، وما حدث في ريودي جانيرو الجبلية الذي أدى الى وفاة 277 شخصا وتشريد اكثر من 18000 شخص ،فضلا عن الخسائر المادية .(10)

و تحدث تلك العمليات بإشكال واوضاع مختلفة وكما يأتي:

1- السقوط Falls :

تحدث عمليات السقوط في السفوح الشديدة الانحدار التي يتراوح انحدارها مابين 70 و 90° وتقل في السفوح المتكونة من صخور صلبة الا أنها تنشط في التكوينات الضعيفة التماسك حيث تتحرك الكتل المنفصلة من الطبقات العليا نحو الاسفل اما بشكل مباشر دون الاحتكاك بالمنحدر كما في المنحدرات الجرفية، او تتدحرج بسرعة كبيرة على السفوح الشديدة الانحدار حتى تستقر في أسفلها،شكل (2-17أ) مخطط يبين سقوط الكتل الصخرية، وتحدث هذه الظاهرة في جميع المنحدرات الشديدة كلاجراف البحرية والنهرية وسفوح المنحدرات الجبلية او سفوح الاودية، وتكثر في التي تتكون من طبقات صخرية متباينة الخصائص وتتعرض الى عمليات التجوية والتعرية فتعمل على تفكك الضعيفة منها فتسقط بفعل الجاذبية نحو الاسفل، حيث تكون سريعة الحركة في السفوح الشديدة الانحدار وبطيئة في السفوح المتوسطة او المعتدلة الانحدار, ومن نتائج تلك العملية تجمع المواد المتساقطة بأنواعها من كتل صخرية وجلاميد وحصى ومفتتات واتربة على شكل أكوام كبيرة فوق اسفل المنحدرات وتكون ذات انحدار اقل شدة من التي تعلوها وتسمى هذه الظاهرة بالسكري(Scree) او ألتالوسTalus, شكل (2- 17ب) وهي ذات خصائص تختلف عن السفوح التي ترتكز عليها حيث تكون غير طبقية وقليلة التماسك لذا تتعرض لعمليات التعرية والتجوية على نطاق واسع، وقد يستغل بعضها للأغراض الزراعية رغم تعرضها للمخاطر.

شكل (2- 17) سقوط مكونات السفوح



ومن الجدير بالذكر ان عمليات السقوط تختلف من فصل لاخر، ففي الفصول الباردة التي يحدث فيها انجماد وذوبان تنشط فيها تلك العمليات، وكذلك المناطق الرطبة اذ تعمل المياه على تفكك الصخور بالتجوية او التعرية، الا أنها على نطاق اقل في المناطق الجافة، ولكن تكون في المناطق الحارة ذات المدى الحراري الكبير اكثر من المعتدلة.[11]

2- الانزلاق Slides

تحدث ظاهرة الانزلاق على السفوح غير الجرفية التي يقل انحدارها عن 80° سواء كانت صخرية صلبة او هشة، الانها تكون على نطاق واسع في السفوح التي تتكون من طبقات صخرية مائلة باتجاه الانحدار وذات تراكيب مختلفة،اذ تتحرك كتل كبيرة من تلك الصخور نحو الاسفل وبكل مكوناتها، وتتباين في أوضاعها وحركتها واثارها، وما يسفر عن ذلك تغير في شكل السفح متأثرا بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ- نوع التكوينات المنزلقة صخرية أم مفتتات هشة.

ب- شكل السفح الذي تمر فوقه الكتل المنزلقة منتظم أم غير منتظم، محدب أم مقعر، اذ تزداد الحركة فوق السفوح المنتظمة والمقعرة .

ت- درجة انحدار السفح، تزداد سرعة الحركة والمسافة التي تقطعها الكتلة المنزلقة بزيادة درجة الانحدار.

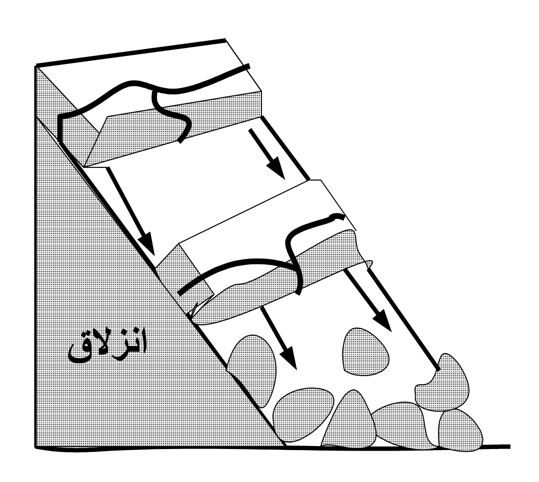
ث- طبيعة مكونات السفوح ، فقد تزداد الحركة عندما تكون الطبقة المنزلقة تحتها طبقة هشة أو طينية ضعيفة التماسك، او طبقات مائلة نحو الاسفل.

ج- رطوبة السفوح ، تزداد الانزلاقات في المناطق الرطبة وتقل في المناطق الجافة، فوجود الماء يقلل من احتكاك الكتلة بالسطح الذي تتحرك عليه، كما تنشط عمليات التجوية والتعرية في تلك المناطق، والتي تساعد على كثرة الانزلاقات.

ح- حدوث الزلازل التي تعمل على تفكك الصخور وتحركها من مواقعها وعلى شكل كتل كبيرة تنزلق نحو الاسفل.

خ- النشاط البشري وما ينتج عنه من اثار تسهم في حدوث الانزلاقات مثل إزالة الطبقات الصخرية السفلية التي تعد نقطة ارتكاز ما فوقها.

ويتضح من ذلك ان الانزلاقات تكون بأوضاع مختلفة ففي بعض الأماكن تكون على شكل كتل تتحرك في فترات متعاقبة، اذ تنزلق كتلة من اسفل المنحدر ثم تليها التي تعلوها والتي بعدها بشكل متتالي، فيظهر شكل المنحدر غير منتظم،فتؤدي تلك العملية الى تغير شكل السفح، شكل (2-18) مخطط انزلاق الكتل الصخرية.



اما السفوح التي تتكون من المفتتات الصخرية والتربة ولكن على نطاق محدود، أي تشكل طبقة غير سميكة تصل الى عدة أمتار وترتكز على طبقات صخرية، فأنها تتعرض الى الانزلاق عندما تتشبع بالمياه فيضعف تماسكها فتتحرك فرق السطح الرطب فتغطي السفوح التي تقع الى الأسفل منها، وتظهر التكوينات الواقعة تحتها في الموضع المعرض الى الانزلاق.(12)

وقد شهدت مناطق عدة من العالم حدوث الانزلاقات التي كانت ذات اثار مدمرة،منها على سبيل المثال ما حدث في الولايات المتحدة عام 1959،فقد تعرض نهر ماديسون بولاية مونتانا الى انزلاق كتلة كبيرة من الصخور نحو المجرى تقدر بحوالي 27 مليون م^3 فادت الى سد المجرى وردم طريق سيارات محاذي للمنحدر، وكذلك ما حدث في إحدى الخزانات أمام سد في جبال الألب الإيطالية طوله حوالي 1,9كم وارتفاعه 250م، فقد عملت المياه على إذابة الصخور ومن ثم تكون فجوات كبيرة خاصة عند سفوح المرتفعات المطلة على الخزان فادت الإذابة على نطاق واسع الى تأكل القاعدة السفلى لتلك السفوح وبالتالي انزلاق كتلة صخرية من جانب الجبل المطل على الخزان بلغ حجمها 240م^3 وعلى ارتفاع 150م، ونتج عن ذلك حدوث موجة ارتفاعها حوالي 90م والتي انتقلت على طول البحيرة ولمسافة 5كم وتسببت في وفاة حوالي 2600 شخص فضلا عن الخسائر المادية.

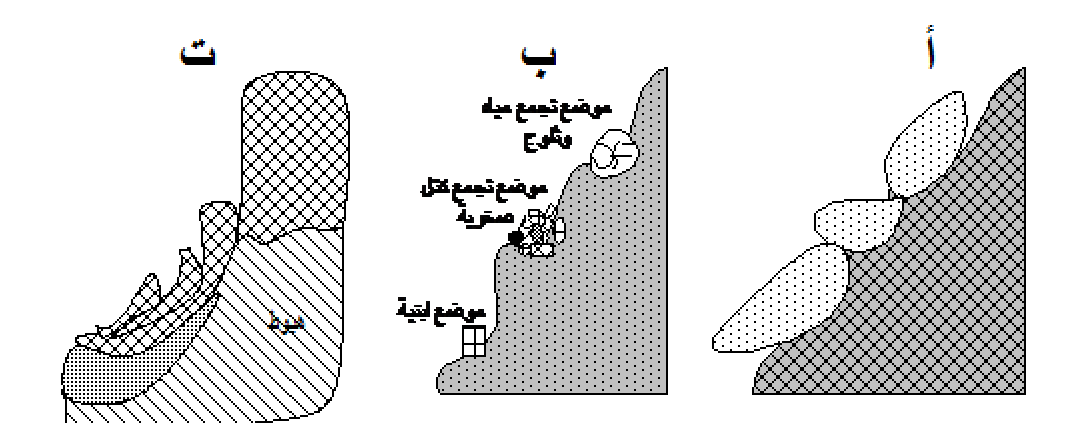
3- الهبوط Slumps

تحدث ظاهرة الهبوط في السفوح ذات التكوينات الهشة عندما تتحرك كتلة كبيرة من تلك التكوينات حركة د ورانية الى الوراء عندما تتشبع بالماء فتتعرض في البداية الى هبوط بسيط في التكوينات المتشبعة بالماء فتضعف من القاعدة التي ترتكز عليها التكوينات التي تعلوها فتتحرك بشكل دوراني نحو الاسفل لتستقر فوق التكوينات المتشبعة بالماء، وتكون تلك الحركة في اغلب الأحيان هلالية الشكل، وفي بعض السفوح تتحرك كتلتين أو ثلاث بشكل متتالي وخلال فترة قصيرة، فتتخذ الكتل الهابطة شكلا مميزا، اذ تظهر وراء بعضها البعض بشكل مصفوف، شكل (2- 19أ)، وفي بعض الأحيان تحدث عمليات هبوط كبيرة تعمل على تحرك كتل كبيرة من وسط المنحدر فستقر في أسفله وتتحرك

كتلة أخرى فتستقر الى الأعلى من الأولى وتتحرك كتلة ثالثة تستقر الى الأعلى من الثانية فتظهر سلمية الشكل، شكل (2– 19ب)، وتحدث عمليات الهبوط في السفوح التي تزال فيها القاعدة الصخرية التي ترتكز عليها المكونات التي تعلوها، كما تحدث في الأجراف البحرية عند تقويض التكوينات السفلية، وتحدث أيضا في السفوح التي يزداد فوقها الثقل لأي سبب كان مثل تجمع الثلوج والمياه او الصخور فوق موضع معين او اقامة بناء فتشكل ثقل على تلك المواضع الضعيفة المقاومة فتهبط نحو الاسفل .[13]

شكل (2–19ت), ففي المواضع التي تتجمع فوقها الثلوج وتذوب بشكل تدريجي فتتسرب المياه الى داخل التربة فتعمل على تفككها من جهة ويؤدي ثقل الثلوج الى هبوطها من جهة أخرى فتتحول الى مناطق منخفضة ضمن السفوح والتي تكون مركزا لعمليات التعرية والتجوية في تلك المواضع فتعمل على توسعها وتحول بعضها الى تجاويف وحفر عميقة حسب طبيعة تكوينات السفوح وقوة تأثير تلك العمليات، اما الأبنية التي تقام فوق سفوح ضعيفة التحمل تتعرض الى الهبوط فيؤدي الى تشقق الجدران أو الانهيار.

شكل (2–19) انواع الهبوط



4– التدفق الطيني Mudflow

تسمى هذه الظاهرة في بعض الأحيان الانهيار السريع وتحدث في السفوح التي تتكون من رواسب طينية هشة ذات سمك كبير وترتكز على طبقات صلبة، وعندما تتشبع تلك التكوينات بالماء تقلل من تماسكها وتزيد من ثقلها، اذ تعمل مسا ميتها وتفاديتها على تسرب تلك المياه خلالها، فتتحرك باتجاه اسفل المنحدر بسرعة لان الماء يقلل من احتكاك الطبقة الطينية بالصخرية التي تحتها، كما يؤدي تشبع الطين الى تكون مجاري مائية صغيرة سرعان ما تتحول الى كبيرة وسريعة فتعمل على جرف كميات كبيرة من الأطيان نحو الأسفل والتي تزيد بدورها من عمليات الانجراف بتأثير سرعة الجريان واحتكاك المواد المجروفة بقاع وجوانب المجرى، وتكون على اشدها في السفوح الخالية من النبات الطبيعي.[14]

وتعد ظاهرة التدفق الطيني من اخطر العمليات التي تتعرض لها السفوح لانها تنتقل لمسافة طويلة بعيدا عن السفوح التي حدثت فيها، لذا تؤدي الى تدمير ما يعترضها من عمران ومشاريع، شكل (2– 20) مخطط وصور للتدفق الطيني.



وقد نتج عن العمليات المتكررة التي تعرضت لها بعض السفوح على نطاق واسع تكون الدالات المروحية عند أقدامها والتي تعد من مراكز النشاط البشري رغم تعرض بعضها إلى مخاطر التدفق الطيني.

5– الزحف او الحركة البطيئة Creep

يحدث الزحف او الحركة البطيئة على المنحدرات المعتدلة والبطيئة الانحدار التي تتكون من طبقة سميكة من التربة والمفتتات الكتل الصخرية، وبشكل واضح في المناطق الرطبة، اذ تتعرض تلك التكوينات الى الزحف نحو الأسفل عندما تتشبع بالماء بعد سقوط الأمطار وذوبان الثلوج ودون تكون مجاري مائية، وقد تفقد التربة والمفتتات قوة تماسكها الداخلية فتخضع لقوة الجذب نحو الأسفل وبشكل بطيء لذا لا تترك أثار كبيرة على تلك السفوح، وقد تظهر بعض التشققات فيها، كما تظهر الآثار واضحة على بعض الأنشطة البشرية مثل ميل أعمدة الكهرباء او التلغراف او الأشجار او تشقق جدران الأبنية او والاسيجة شكل (2– 21) زحف مكونات السفوح.[15]



وقد يكون الزحف على شكل كتل صخرية مختلفة الأحجام وتتحرك ببطيء فوق السفوح ولمسافات قصيرة قد تكون من أعلاها الى وسطها او من وسطها الى أسفلها.

وقد تحدث تلك الظاهرة نتيجة لتبادل ظاهرتي التمدد والانكماش لمكونات السفوح والناتجة عن عمليات التجمد والذوبان او الرطوبة والجفاف.

ومن اثار عمليات الزحف أنها تؤدي الى انحناء أنابيب المياه او سكك الحديد او كسرها وانحراف الطرق في الأجزاء التي تتعرض للزحف وميل وتشقق الأبنية فتقلل من كفاءتها.

6-الانهيار:

يختلف الانهيار عن العمليات السابقة من سقوط وانزلاق وتدفق وزحف وهبوط،اذ تحدث تلك الظاهرة عندما تقوض الطبقات التي ترتكز عليها طبقات سميكة تعلوها فتشكل ثقلا كبيرا،وعندما تصل درجة تحمل تلك الطبقات الى ادنى مستوى تنهار الكتلة العليا مندفعة الى الامام،اما اذا كانت الكتلة المتأكلة السفلية على نطاق كبير كما يحدث في الشواطيء البحرية فان عملية الانهيار تكون نحو الاسفل،شكل (2-22)يبين الانهيار الذي حدث في مصر.



ومن الاسباب الكامنة وراء الانهيارات هي:

أ-عمليات التعرية التي تتعرض لها ضفاف الاودية المرتفعة،عندما تتركز التعرية المائية في اسفل تلك الضفة فتعمل على تقويض الطبقات السفلى على نطاق واسع فتنهار الطبقات التي تعلوها.

ب-تعرض السواحل الجرفية المرتفعة الى عمليات التعرية بواسطة الامواج فتتركز في الجزء السفلي من الجرف فتعمل على تقويضه ايضا حتى تنهار الكتلة التي تعلوها.

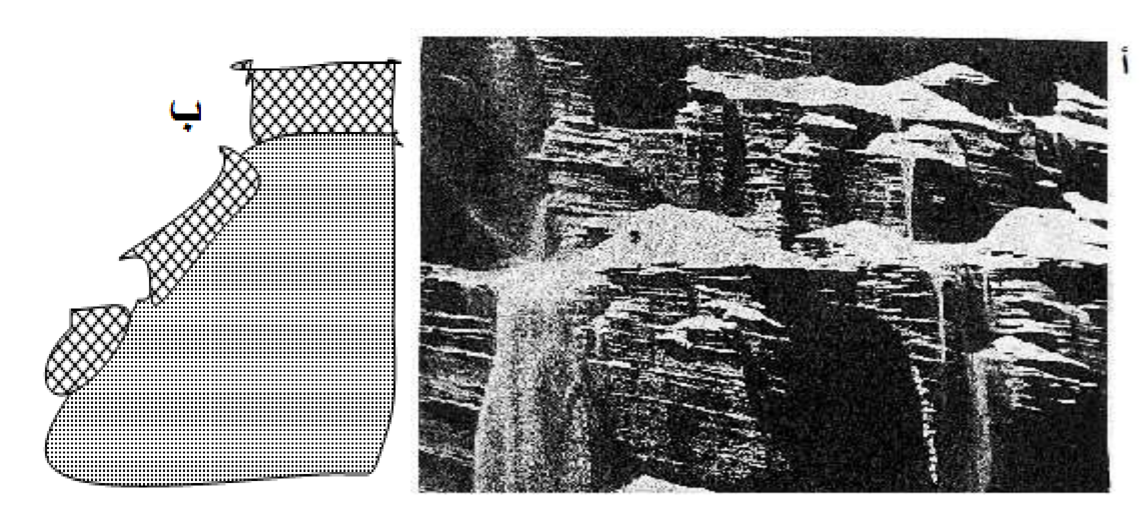
ت-تسرب المياه في الطبقات الصخرية عند الحافات الجبلية وخاصة التي توجد فوقها ابنية تشكل ثقلا عليها،فتعمل المياه المتسربة على تأكل الجزء السفلي من تلك الصخور، ويستمر ذلك حتى تضعف مقامة الصخور التي تعلوها فتنهار.

7- الانهيال:

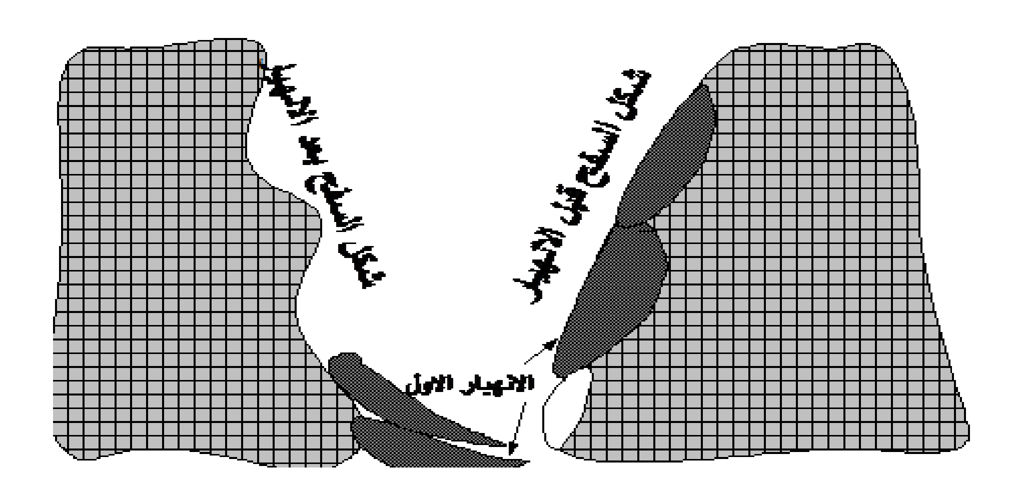
تحدث هذه الظاهرة في السفوح الرملية الشديدة الانحدار، حيث تتحرك الرمال من أعلى المنحدر الى أسفله وكأنها ماء جاري وفي السفوح الجرفية تكون كالشلال، شكل (2- 23أ)صورة ومخطط لزحف الرمال.

ونظرا لضعف تماسك الرمل لذا تتعرض مثل تلك السفوح الى عمليات تجوية وتعرية اكثر من غيرها، وتشهد السفوح الرملية عمليات انهيال واسعة عند تقويض الأجزاء السفلى منها، وعليه تشهد تراجعا كبيرا خاصة وان الرمال التي تتحرك من الأعلى نحو الأسفل لا تستقر في مكانها لصغر حجمها وخفة وزنها لذا تحملها الرياح الى أماكن أخرى، عدا الخشنة والتي تشكل نسبة قليلة تبقى في مكانها.

وتسود هذه الظاهرة في المدرجات النهرية المرتفعة التي كانت مجاري سابقة للأنهار فتحدث ظاهرة الترسيب المتدرج, أي الرواسب الحصوية الخشنة في الأسفل تليها الرملية ثم الغرينية والطينية، وقد استغل الإنسان الحصى والرمل في مجالات عدة لهذا بدأ البحث عنها بإزالة التكوينات التي تغطيها، ونظرا لارتفاع سمك بعض طبقات الرمل والحصى لذا ظهرت على شكل مقاطع رأسية مرتفعة وهذا ساعد على سهولة انهيال الرمال ومن ثم انهيار الطبقات الطينية والغرينية التي تعلوها على شكل انزلاق او سقوط حر اذا كانت السفوح جرفيه الشكل شكل (2-23ب) الانهيال الرملي.



يتضح مما تقدم ان تعرض السفوح الى العمليات المتنوعة من سقوط وانزلاق وهبوط يترتب عليه تغير شكل تلك السفوح ، فقد تتحول من محدبة الى مقعرة او من منتظمة الى غير منتظمة او بالعكس، شكل (2- 24) تغير شكل السفوح.[16]



المبحث الرابع – أسباب تعرض المنحدرات او السفوح الى العمليات الجيومورفولوجية.

اولا– تأكل المنحدرات لاسباب متنوعة كالتعرية المائية او الثلجية او حدوث انهيارات سابقة او أعمال هندسية او أي نشاط يترتب عليه تأكل او قطع أجزاء من السفوح.

ثانيا– وجود أثقال فوق بعض المواضع من السفوح مثل إقامة أبنية او تجمع كتل صخرية منهارة من الأعلى او تجمع الثلوج ومياه الأمطار ،والتي تؤدي الى زيادة وزن مكونات السفوح فتتعرض الى الحركة من موضعها متخذة إحدى أشكال الحركة المارة الذكر.

ثالثا– ارتفاع نسبة المياه في الطبقات والتكوينات السطحية وتحت السطحية والتي تعمل على أضعاف تماسك تلك التكوينات فينتج عن ذلك انفصال وانزلاق أجزاء منها او كتل كبيرة تتحرك نحو الأسفل.

رابعا– التعرض الى هزات أرضية بعضها ناتج عن تفجيرات تستخدم في قلع صخور بعض المواضع لغرض استغلال السفوح او الصخور، فينتج عن ذلك تفكك الصخور وزيادة الفواصل والشقوق ضمنها والتي تقلل من تماسكها وتسمح للمياه و الثلوج بالتغلغل الى داخل تلك الطبقات فتزيد من ضعف تماسكها.[17]

خامسا– تأثير عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة وتساقط بأنواعه ورياح، والتي يترتب عليها عمليات تعرية وتجوية.

سادسا– تباين بنية الطبقات الصخرية المكونة للسفوح رأسيا، ففي بعض السفوح تمتد طبقة صلبة فوق طبقة هشة رملية أو طينية تسهل عملية الانزلاق خاصة عندما تكون رطبة.

سابعا– احتواء الطبقات الصخرية على تراكيب ثانوية كالفواصل والشقوق والطيات والانكسارات،والتي تسهم في تنشيط عمليات التعرية والتجوية، وما يترتب عليها من تطورات مثل تحول بعض المعادن الأصلية الى معادن طينية لها القابلية على امتصاص الماء والانتفاخ مثل المنتمورولنايت، فتتحول الى مادة صابونية تزيد من سرعة حركة الكتل الصخرية فوقها عند سقوط الأمطار، وقد تؤدي الى حدوث انزلا قات مفاجأة ومدمرة.

ثامنا- قلة الغطاء النباتي على السفوح يقلل من تماسك مكوناتها، لذا تتعرض السفوح الجرداء الى عمليات تعرية وتجوية على نطاق أوسع.

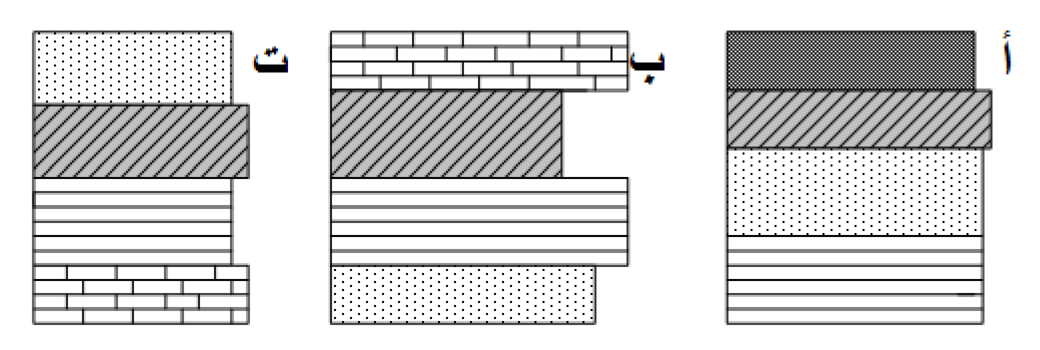
تاسعا- الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية المكونة للسفوح ونوع مكوناتها، اذ تختلف مكونات السفوح من مكان لاخر، وحتى في السفح الواحد تختلف العليا عن السفلى فينتج عن ذلك تركز العمليات الجيومورفولوجية في مواضع معينة من السفوح اكثر من غيرها، اي تتركز في التكوينات الضعيفة التماسك، وعلى العموم تتخذ الطبقات والكتل الصخرية في السفوح أوضاعا وأشكالا مختلفة منها ما يأتي:

1- الامتداد الأفقي:

تتخذ الطبقات الصخرية في بعض السفوح وضع أفقي في امتدادها رغم تباين سمكها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، والتي تعبر عن مدى صلابة وضعف تلك الصخور واستجابتها لعمليات التعرية والتجوية، ويمكن ملاحظة ذلك بشكل واضح في السفوح المقطوعة كما في الشكل (2- 25أ)،ويظهر مكشف الطبقات المتباينة الصلابة بشكل متعرج،اذ تتراجع الطبقات الضعيفة وتتقدم الصلبة بشكل بارز الى الأمام، وقد يؤدي التراجع الكبير في الطبقات الضعيفة الى انهيار الصلبة التي تعلوها خاصة اذا كانت قليلة السمك ويصل امتدادها الحر الى الأمام اكثر من متر لزوال قاعدة ارتكازها المتمثلة بالطبقة التي تحتها، وتزداد في الطبقات التي تتضمن فواصل وشقوق كثيرة شكل (2- 25ب).

وقد تكون الطبقات الصخرية في بعض السفوح قليلة التباين في خصائصها، أي تكون متقاربة في الصلابة او في الضعف ، ألا انه يوجد تباين في السمك، لذا تكون مكاشف تلك الطبقات قليلة التعرج ،اذ تكون استجابة الطبقات الصلبة لعمليات التعرية والتجوية قليلة، اما الطبقات الضعيفة فتتراجع بدرجات متقاربة أيضا، لذا تتخذ أشكال متقاربة، شكل (2-25ت).

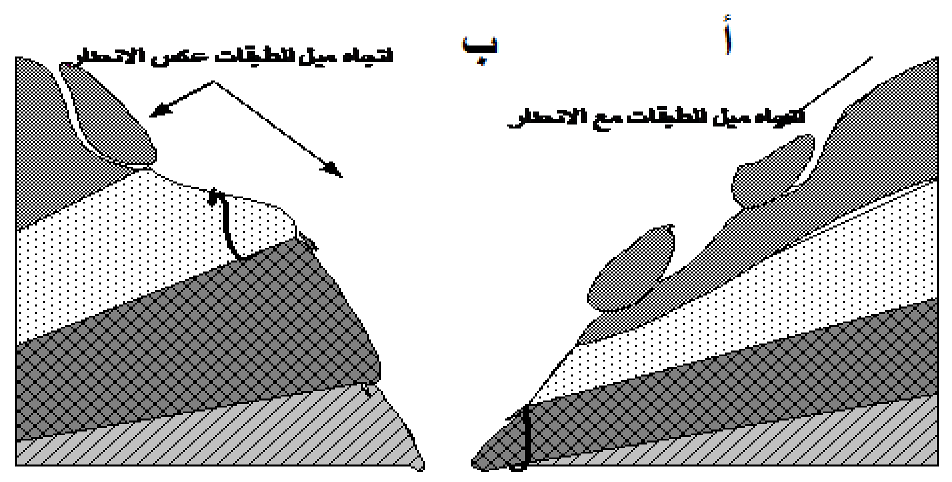
شكل (2-25) امتداد الطبقات الصخرية الأفقي واثر العمليات فيها



2- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية بشكل مائل باتجاه الانحدار:

تمتد الطبقات الصخرية في بعض السفوح بشكل مائل باتجاه الانحدار وهذا ما يجعلها اكثر خطورة من النوع السابق حيث يساعد الميل على تحرك الكتل المنفصلة من الطبقات الأصلية نحو الأسفل وتزداد سرعة الحركة مع زيادة درجة الميل، لذا تشهد مثل تلك السفوح عمليات انزلاق وهبوط وسقوط اكثر من غيرها وخاصة في المناطق الرطبة، وقد تسهم عمليات قطع أجزاء من السفوح في تنشيط تلك العمليات، شكل (2- 26أ) مخطط يمثل تغير السفوح.

شكل (2-26) ميل الطبقات

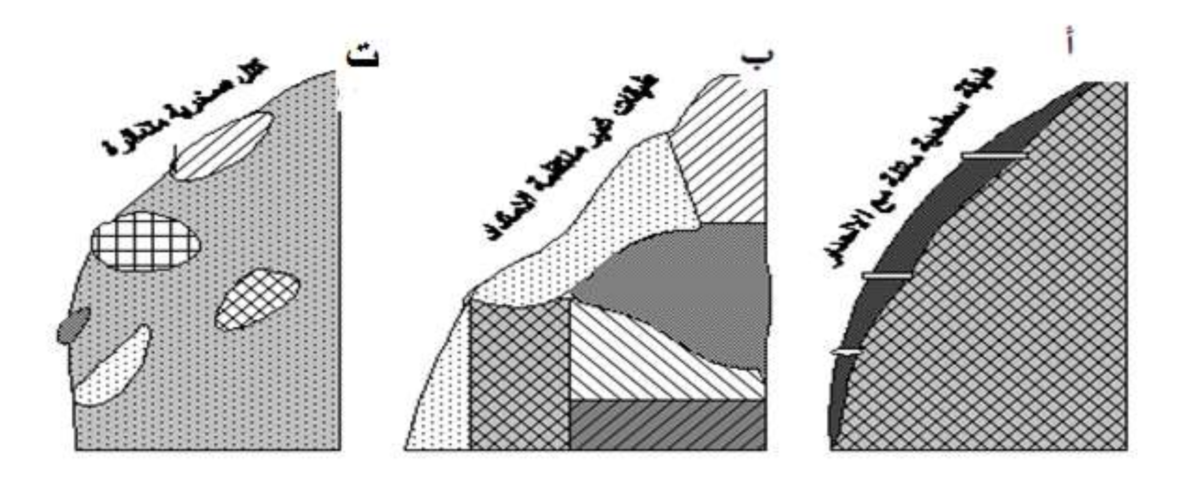


3- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية باتجاه معاكس لميل المنحدر:

تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضعا مختلفا عما مر ذكره، فقد تميل الطبقات الصخرية بعكس ميل المنحدر، ومن المظاهر التي تتضمن ذلك والكويستات، اذ تكون شديدة الانحدار باتجاه المنحدر الاان ميل الطبقات الصخرية الى الوراء ببطيء، شكل (2-26ب)، وتعد تلك السفوح اقل خطورة من الأنواع السابقة بسبب عدم تحرك الكتل الصخرية المنفصلة من الطبقات الى الاسفل بسرعة لميل الطبقات بشكل معاكس،لذا يكون تأثير الجاذبية محدودا.

4- امتداد الطبقة الصخرية السطحية باتجاه الانحدار:

تغطي بعض السفوح طبقة صخرية غير سميكة لذا تتأثر بالمؤثرات الخارجية مثل عناصر المناخ فتعمل على تفككها وتشققها فينتج عن ذلك انزلاق كتل منها نحو اسفل تلك السفوح، وتزداد عمليات انزلاق تلك الكتل عندما يكون السطح الذي تتحرك فوقه أملس،أوعند إزالة الأجزاء السفلى من تلك الطبقة، شكل (2- 27أ) أوضاع متباينة للطبقات والكتل الصخرية.



5 – طبقات صخرية غير منتظمة البنية:

تظهر بعض الطبقات الصخرية بشكل غير منتظم في بعض السفوح أوفى أجزاء منها،اذ يتخذ بعضها وضع أفقي وأخرى شكل مائل او التوائي وذلك لتأثرها بالحركات الأرضية والالتوائية عبر الأزمنة المختلفة، شكل (2– 27ب)، وقد لاتكن بشكل واضح في السفوح الاعتيادية الأبعد قطع أجزاء منها فتظهر بنية الطبقات، وتعد مثل تلك السفوح غير مستقرة وتتعرض الى عمليات ذات اثار سيئة على المشاريع التي تقام فوقها او أسفلها.

6– كتل صخرية غير طبقية:

تتكون بعض السفوح من تكوينات هشة تتضمن كتل صخرية بأحجام واوضاع مختلفة، والتي تظهر واضحة في بعض السفوح وغير واضحة في سفوح أخرى الأبعد إزالة الطبقات السطحية التي تغطيها، وتكون تلك الكتل قابلة للسقوط او الانزلاق لعدم تماسك مكونات السفوح التي تتضمنها وعدم ارتباط تلك الكتل بطبقات، لذا تعد مصدر خطر على المنشآت التي تقام فوق او اسفل مثل تلك السفوح، شكل (2– 27ت).[18]

المبحث الخامس–اختيار المواضع والمواقع الخطرة على السفوح او المنحدرات.

اولا–مخاطر الموضع والموقع على السفوح او المنحدرات

ان اقامة المدن في مواضع خطرة على سفوح شديدة الانحدار واسفلها،والتي تتعرض الى عمليات سقوط الكتل الصخرية بشكل سريع او الى زحف كتل صخرية كبيرة،او الى تحرك السفوح الضعيفة التكوينات على شكل تدفقات طينية تصل الى مسافة عدة كيلومترات،او الى الانهيار بسبب التحرك البطيء للسفوح،او الى اثار المجاري والمسيلات المائية من تعرية وارساب وغمر ،شكل(2–28)موقع مدينة معلولا على سفوح الجبال واسفلها.



ان مثل تلك المواضع والمواقع تواجه بمشاكل اخرى عدا المخاطر المذكورة سابقا منها صعوبة توفير خدمات البنى التحتية من طرق وماء وكهرباء وصرف صحي وغيرها،فضلا عن عدم توفر امكانات للتوسع المستقبلي،لذا يتم الزحف نحو المواضع الاكثر خطورة.

ففي مدينة معلولا تتعرض سفوح المنحدرات الى عمليات سقوط الكتل الصخرية من اعلى القمة الى الاسفل،كما تشهد تلك السفوح تحرك كتل صخرية بشكل بطيء،الشكل(2-29)صورة توضح تساقط الكتل الصخرية وزحفها.



ثانيا- اختيار مواضع البناء الخطرة جدا على السفوح او المنحدرات

شهدت مدينة معلولا نموا عمرانيا فريد من نوعه،فقد كان اختيار بعض مواضع المباني بشكل غير منطقي،ومخالف لأبسط قواعد السلامة،منها ما يلي:

1- موضع تحت كتلة صخرية

فقد تم اقامة ابنية تحت كتل صخرية كبيرة بارزة من السفح نحو الامام، الضخمة،الشكل(2-30)صورة تبين موضع بناء تحت صخرة كبيرة،اذ تواجه تلك المواضع مخاطر كبيرة سواء لما يقع تحتها من تكوينات قد تكون غير مستقرة او

ضعيفة التماسك،وكذلك خطر الصخرة ايضا،وفعلا تعرض الجزء الواقع تحت الصخرة الى تصدع السقف وتشققه دون معرفة الاسباب.



ويتفاوت خطر الكتل المستقرة على المنحدرات حتى ضمن المنطقة الواحدة، ففي الموضع السابق يرتفع خطر تحرك الكتل الصخرية إلى أعلى مستوياته عند المبنى.

ان البناء أسفل الكتلة الصخرية التي تختفي قاعدتها تحت السقف نتج عنه مخاطر كبيرة على البناء، فيعتقد ان تشققات السقف ناتجة عن تأثير قوة دفع حركة الكتل الصخرية التي تقع فوق المنحدر وخلف المنزل مباشرة.

2-اختيار موضع بناء فوق الصخرة

المواضع المختارة بشكل غيرعقلاني البناء فوق كتل صخرية مقطعة بشقوق رأسية مائلة بزوايا تراوحت بين 10-45 درجة، وذات أجزاء معلقة مفصولة عنها بشقوق رأسية، قد يتسبب انهيارها في دمار شامل لتلك الابنية،شكل(2-31)يبين موضع بناء فوق كتلة صخرية مفصولة.



3-البناء فوق صخرة مرتكزة على صخرة اصغر

تم بناء المنازل على كتل صخرية سليمة نسبياً،إلا أنها مرتكزة على كتل صخرية أصغر حجماً، وأقل استقرارا،كما في الشكل(2-32)صورة لمبنى فوق صخرة.



4-البناء فوق كتل صخرية ضعيفة المقاومة

بناء أحد المنازل على كتلة صخرية غنية بمظاهر التحلل من مغارات وتجاويف، فضلاً عن وجود كسر يميل بنحو (30ْ) باتجاه تجمع التجاويف والمغارات، مما يعني أن ثقل المنزل موجه نحو الجهة الأضعف من الكتلة الصخرية وهي الجهة اليمنى،الشكل(2-33) صورة لبناء فوق صخور ضعيفة.



ثالثا-مخاطر البناء اسفل السفوح او المنحدرات

1-التعرض الى تساقط وزحف الكتل الصخرية

تتعرض الابنية الواقعة اسفل المنحدرات الى مخاطر حركة الكتل الصخرية من اعلى المرتفعات،وبأشكال واحجام مختلفة، يغلب عليها الشكل المكعب، ويندر المستدير منها،وأحجامها متباينة تتراوح بين حجم الحصى والجلاميد الضخمة، والكتل الصخرية المتوسطة والكبيرة الحجم ،شكل(2-34)تحرك الكتل الصخرية.



2-التعرض الى السيول

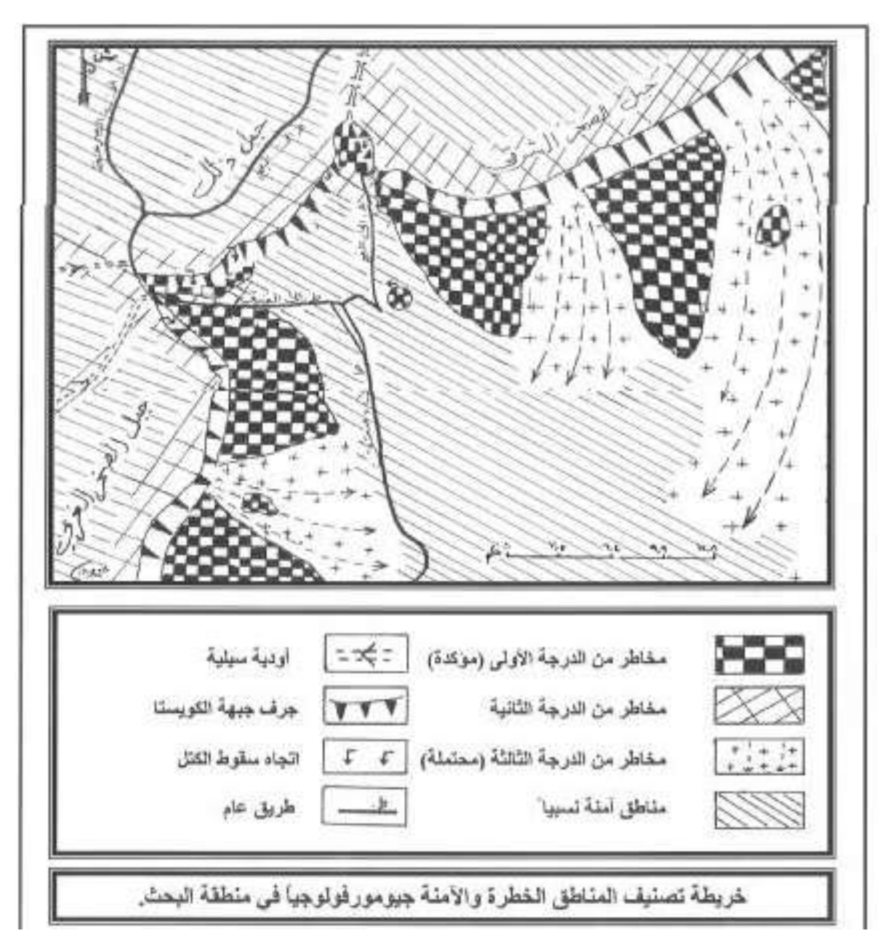
من المخاطر الاخرى التي تتعرض لها الابنية والطرق والبنى التحتية هو المسيلات المائية الواسعة على المنحدرات التي تخلو من الكتل الصخرية نسبياً لتحل محلها مسيلات،وقد يقل في تلك المجاري ام المسيلات خطر تحرك الكتل الصخرية نسبيا،شكل(2-35) صورة لمسيلات مائية.



وربما تتحول السيول المائية الى تدفق طيني واسع يدمر ما يمر به،وتكون مخاطره اكثر من الجريان المائي.

رابعا-اعداد خريطة جيومورفولوجية لخصائص ومخاطر الموقع والمواضع.

ان التاكد من طبيعة الوضع الطوبوغرافي والمشاكل التي تحدث فيها للمنطقة التي يتم اختيارها لاقامة المشاريع الهندسية يحتاج الى توفر خريطة جيومورفولوجية لتلك المنطقة توضح عليها خصائص الموقع والموضع،وطبيعة العمليات الجيومورفولوجية التي حدثت وتحدث فيها،والمخاطر حسب شدتها،الشكل(2-36)خريطة جيومورفولوجية لخصائص ومخاطر منطقة الدراسة.[19]



خريطة تصنيف المناطق الخطرة والآمنة جيومورفولوجياً في منطقة البحث.

المبحث السادس – تقييم الأضرار الناتجة عن البناء فوق أرض المنحدرات الضعيفة:

ان ارض المنحدر الضعيفة التماسك تؤدي الى انهياره وما عليه من أبنية، ويمكن ان تؤثر فيها عوامل طبيعية مثل وقوع زلزال بالقرب منها،واذا كانت هناك بعض المباني فوق هذه المواضع يمكن ان تتعرض الى أضرار بالغة وخاصة الواقعة فوق أرض ضعيفة التماسك والتحمل.

وسيتم في هذا المجال استخدام بعض الطرق لتقييم الأضرار الناتجة عن البناء فوق المنحدرات الضعيفة,ومن خلال تناول تجارب بعض الدول في هذا المجال،وكما يأتي:

أولا–الحد من الكوارث الكبرى في مدينة طوكيو اليابانية (1991 ، 1997)

1– المدخلات:

وتعتمد على شروط مسبقة منها:

أ– بيانات عن عدد الابنية وتوزيعها بالقرب من المنحدرات.

ب– تحديد المواضع الخطرة الشديدة الانحدار على المنحدرات.

ت– –تقييم ذروة التسارع الارضي.

وتكون البيانات المدخلة كما يلي:

أ-عدد المباني القريبة من المنحدرات

ب-قمة التسارع الأرضي

2-البيانات المخرجات:

عدد المباني المتضررة بسبب انهيار المنحدر

3-الخطوات الاساسية لطريقة التقييم:

تستخدم هذه الطريقة لتقييم مخاطر تحدث على السفوح الشديد الانحدار في اليابان، تم اختيارها على أساس المعايير آلاتية:

أ- ارتفاع المنحدر، أكثر من 5 أمتار

ب- ميل المنحدر، أكثر من 30 درجة

ت-عدد المباني في مواضع تتعرض فيه الى انهيار المنحدر، أكثر من 5 منازل او أكثر من المباني العامة.

وقد قام مركز وقاية مدينة طوكيو من الكوارث (1991)بوضع الافتراضات التالية لتقييم الأضرار:

أ- يبدأ الانهيار حتى من أعلى المنحدر.

ب- انهيار الأرض والرمال تصل الى المسافة التي تساوي ارتفاع المنحدر.

ت-انهيارات من ارتفاع يساوي نصف ارتفاع المنحدر.

ث-منطقة انهيار المنحدر تتضمن متغيرات تشكل معادلة على النحو التالي:

$$A_f = W_f \times H_f \times R_f$$
$$= C_f \times H_f \times 1/2$$

A_f : منطقة انهيار المنحدر

W_f : عرض المنحدر

H_f : أعلى منحدر

R_f : نسبة المساحة المنهارة

C_f : عرض المنحدر المنهار

$$\therefore C_f = W_f \times R_f \times 2$$

تعني نسبة المساحة المنهارة معدل المساحة المنهارة من مجموع مساحة المنحدر.

عدد المباني المتضررة هو على اساس توزيع المباني في نطاق يعاني من مشاكل انهيار المنحدر، ويفترض أن يكون منظما.

$$N_d = (A_f / W_f) N_0$$
$$= 2 \times N_0 \times R_f$$

N_d : عدد المباني المتضررة

N_0 : عدد المباني التي في نطاق تعاني فيه من انهيار المنحدر

ان نسبة المنطقة المنهارة من مساحة الأرض تكون واضحة عندما تصل ذروة التسارع الى gal300 ،هذه تعطي قيمة تساوي 2,1 ٪ , والقيمة تستند على التحقيق اوالتحري في انهيار منحدر كاوازو – شو في مقاطعة شيزوكا، الذي حدث عام 1978 على اثر زلزال – ووشيما – كينكاي.

لذا فإن عدد المباني المتضررة في منطقة ذروة تسارعها الارضي هو gal300 يحصل عليها من العلاقة الآتية.

$$N_d = 4.2 N_0$$

(لحالة عندما تكون ذروة تسارع الأرض 300) ونسبة الأبنية المتضررة في المنطقة تقل، عندما ذروة تسارع الأرض تكون اقل من 300غال،ويمكن ملاحظة ذلك في الجدول رقم (2–2) الذي يوضح العلاقة بين التسارع الارضي ونسبة الانهيار، ونسبة أضرار الأبنية ما بين سنتي 1985–1998.

جدول رقم (2–2) يوضح العلاقة بين تسارع الأرض ونسبة اضرار الأبنية مابين عامي85–98 بسبب انهيار المنحدر.

تسريع	50–100 غال	100–200 غال	> 200 غال
نسبة انهيار المنحدر	3 %	11 %	29 %
نسبة أضرار المباني	0.4 %	1.5 %	4.0 %

وهو من نتائج تقرير الوقاية من الكوارث في العاصمة طوكيو (1997 اعده مجلس الكوارث في العاصمة طوكيو)، وتم الحصول عليه باستخدام نسبة انهيار المنحدر الذي يستند على التحري عن المنحدرات التي انهارت بسبب الزلازل الأربعة الماضية بواسطة هيئة الحريق والتأمين البحري اليابانية عام 1994.

تطبيق هذه الطريقة تقتصر على منطقة قريبة من منطقة الخطر على المنحدر الشديد الانحدار،كالذي اختارته الحكومة المحلية في اليابان.

ثانيا- مكتب ولاية شيزووكا (1993)

1- المدخلات/المخرجات:

هنالك شروط مسبقة منها:

*-توفير بيانات عن توزيع المباني في التلال.

*-تقييم الأضرار التي يسببها بناء فوق أرض مقترحة.

أ-بيانات مدخلة:

1-عدد المباني على الأرض المبنية والتي خصصت كقطع سكنيه فى مناطق التلال.

2- متوسطة نسبة ضرر المباني بسبب اقتراح الأرض بواسطة دراسات المنطقة.

ب-بيانات مخرجة:

1-عدد المباني المتضررة بسبب هبوط الأرض التي خصصت كقطع سكنيه في مناطق التلال

2- الخطوات الاساسية لطريقة التقييم:

حققت جمعية تقدير الحرائق والتأمين البحري اليابانية (1992) في الضرر الذي لحق بالأراضي المبنية بسبب الزلازل التي حدثت، وتشير الجمعية ان نسبة الأضرار في مباني الأرض ذات الكثافة العالية التي تم تخطيطها كقطع سكنيه في مناطق التلال وصل الى 4,65 أضعاف الأرض الاقل كثافة، والتقييم تم على أساس هذه النسبة على النحو التالي:

1- فهم لتوزيع الأرض المستغلة بالكامل ولقطع سكنية تم اختيارها فى مناطق التلال، والتي تصل الى اكثر من 10 هكتارا

2-إحصاء عدد من المباني في منطقة 1

3- حساب متوسط نسبة ضرر الأبنية فوق الأرض الهابطة المقترحة في مجال 1

4 - حساب عدد المباني المتضررة بسبب هبوط الأرض في المواضع المستغلة والمطورة للسكن في مناطق التلال،وعلى النحو التالي :

$$R_f = 4.65 R_g$$

$$N_d = M \cdot R_f$$

R_f : نسبة الأضرار في الأبنية المقامة فوق الأرض المستغلة والمصممة كقطع سكنيه في مناطق التلال.

R_g : متوسط نسبة الضرر في المباني الأرضية المقترحة في مجال 1

M: عدد المباني الموجودة على الأرض المستغلة والمخططة كقطع سكنيه في مناطق التلال.

N_d: عدد المباني المتضررة في الاماكن المستغلة والمصممة كقطع سكنيه في مناطق التلال.

R_f يشمل متوسط نسبة الأبنية المنهارة المتعلقة بالأرض المقترحة، لذا تكون نسبة الأبنية المنهارة وفق الصيغة الاتية:

$$3.65 R_g \; (= 4.65 R_g - R_g).$$

ملاحظة:استخدمت هذه الطريقة لتقييم الأبنية الخشبية ،كما تطبق الطريقة لتقييم أضرار المباني من أنواع الهياكل الأخرى.[20]

مصادر الفصل الثاني

1-م.ابو بكر،هبوط التربة اخطر المشاكل الانشائية،مقال منشور على موقع الانترنت،http://www.herost.com/download.

2-مشاكل هبوط الاض،مقال منشور على موقع منتدى طلبة الفاتح، http://www. 100.ly/indx.php .

3-هبوط مغارة بعلبك، تقرير منشور على موقع صحيفة النهار، https://www.annahar.com/article

4-احمد عادل احمد،هبوط التربة اخطر المشاكل الانشائية،مقال منشور على موقع الانترنت، http://www.eshra.co.nr. .

5- العوامل التي تزيد من اثر الزلازل على العمران،مقال منشور على موقع الانترنت عندما تهتز الارض، www.eq.4eco.com.

6- حمدان احمد الغسيه،هبوط سطح الارض،مقال منشور على موقع الانترنت، http:// search.live.com.

7-هبوط وسط القاهرة،مقال منشور على موقع الانترنت http://www.egynews.net.

8- مشاهد لظاهرة مُخيفة في البحر الميت،تقرير منشور على موقع عمون، https://www.ammonnews.net.

9- القدس،انهيارات وتشققات في وادي حلوة نتيجة حفريات الاحتلال،تقرير منشور على موقع شبكة الاخبار في ديسمبر 2018، http://www.arn.ps/archives/223316.

10-د.حسن الخياط واخرون،مدخل الى الجغرافيا،جامعة قطر 1988،ص122.

11- Alun Clowes and Peter Comfort:Process and Landform,conceptual Forme works in Geomorphology,Fifth imprssion,produced by Longman Singapore publishers pte Ltd,1986,p52-53.

21- Opcit,p55

13- ادوارد جي،تاربوك وفريدريك كزلوتجنز،الارض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية،ترجمة د.عمر سلمان واخرون،مطبعة الجا مالطا،1984،ص211.

14-د.محمد صفي الدين،جيومورفولوجية القشرة الارضية،دار النهضة العربية للطباعة والنشر،بيروت 1971،ص143.

15-د.عدنان النقاش ود.اسادور همبارسوم،الجيومورفولوجيا والجيولوجيا التركيبية وجيولوجية العراق،مطبعة جامعة بغداد،1985،ص171.

16-د.خلف حسين علي الدليمي،علم شكل الارض التطبيقي،ط1،دار صفاء للنشر،عمان-الاردن 2012،ص262.

17–د.محي الدين بنانه،الجيوهندسية التطبيقية،معهد الانماء العربي،دمشق 1988،ص167.

18– د.خلف حسين علي الدليمي،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص267–268.

19–د.غزوان سلوم، مخاطر أشكال سطح الأرض في بلدة معلولا،بحث منشور في مجلة جامعة دمشق–المجلد– 27 العدد الثالث+الرابع–2011.

20–.Assessment of building damage due to ground failure تقرير منشور على موقع الانترنت www.iisee.kenken.go.gp/net.

الفصل الثالث–المياه السطحية والجوفية وتخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الاول –اثار المياه على الابنية

المبحث الثاني– اثار الانهار دائمة الجريان على المشاريع الهندسية

المبحث الثالث–اثار الاودية الموسمية الجريان على المشاريع الهندسية

المبحث الرابع –اثارفيضانات البحار والمحيطات على المشاريع الهندسية

المبحث الخامس–اثارالمياه الجوفية على المشاريع الهندسية

المبحث الاول-اثار المياه على الابنية

اولا-اسباب رطوبة المبنى

1- اتجاه المبني :

تعد جهات المبنى التي يصلها قطرات المطر او الرياح الرطبة من جهة البحار والمحيطات، وتتعرض الى قليل من أشعة الشمس،لذا تكون تلك الجهات اكثر عرضة للرطوبة .

2-مياه التساقط من الامطار والثلوج :

تختلف كمية سقوط الامطار والثلوج من مكان إلى آخر ، فقد تعد مياه المطر والثلوج ذات خطورة على المباني غير المجهزة اسطحها بموانع للرطوبة، نظرا لقدرة المياه على الاختراق المباشر لسقف المبنى وعناصره المختلفة، ولذلك يجب معالجة السقف بمادة عازلة من الرطوبة ،و يمكن أن تخترق الرطوبة الحوائط الخارجية المعرضة لزخات المطر الشديدة أذا لم يوجد عازل مناسب يمنع تسرب المياه نحو الجدران.

3-المياه السطحية :

تعد الأنهار والبحار و البرك المائية المتكونة نتيجة المطر أو السيول التي في بعض الأحيان تختلط هذه المياه بالتربة الأرضية، فيتكون طين مشبع بالمياه قرب أساسات لمبنى، وقد تتسرب بعض هذه المياه داخل التربة وتلتقي مع المياه الجوفية، وبذلك يزيد منسوبها، وقد تصل هذه المياه إلى أساسات المبنى القريبة منها عن طريق الخاصية الشعرية الأفقية، مما يهدد المبنى إن لم يعمل له عازل من تأثير هذه المياه.

4-المياه الجوفية :

هي المياه المتجمعة تحت سطح الأرض من خلال مسام تربتها إلى أن تستقر على منسوب يكاد يكون ثابت لكل منطقة، وعلى ذلك فالتربة القريبة من المياه الجوفية تكون عادة مشبعة بالمياه،وربما تخترق جدران المباني اذا لم تتوفرموانع للمياه فيها، وإلا حدث ترطيب الاسس والجدران، أوحدوث الفيضانات بسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية فوق مستوى سطح الارض فتغمر الجزء السفلي من المبنى.

5-صعود الرطوبة الأرضية :

تصعد الرطوبة من التربة الرطبة تحت المنشأ إلى أرضية الدور الأرضي أو الجدران في المباني عن طريق الخاصية الشعرية خلال مسام التربة والمواد البنائية المستعملة في البناء.

6. التكاثف :

يحتوي الهواء البارد على كمية بخار أقل من الهواء الساخن، وعلى ذلك فالرطوبة تترسب على الحوائط والأسقف والأرضيات عندما يبرد الهواء الساخن المحمل بالرطوبة وهذا ما يعرف بالتكثيف،وتعد اقل تاثيرا من العوامل الاخرى .

7- سوء صرف المياه في الموضع :

يحدث تجميع مياه الصرف تحت المبنى إذا لم يتم صرفها من ألاراضي المنخفضة المحيطة بالمبنى،خاصتا إذا كانت تربة الموضع كتيمة غير نفيذه للمياه، وعلى ذلك تحدث رطوبة في المباني المقام في هذا الموضع.

8-التشييد الحديث :

ان الحوائط المشيدة حديثا تبقى في حالة رطبة لفترة معينة حتى تجف،وقد تطول تلك الفترة في الفصول الرطبة،وتقل المدة في الفصول الجافة.

9- اخطاء التشييد :

تعد عيوب تقفيلات وصلات السقف والطبانة وجلسات الشبابيك والأجهزة الصحية والتمديدات من مواضع الضعف التي تسمح بتسرب المياه الى داخل اجزاء المبنى وتكون الرطوبة،ومن الاخطاء الاخرى إهمال عمل ميول الأسطح وتصريف الأمطار أوعملها بطريقة سيئة .

ثانيا-تأثير الرطوبة على الابنية

1- حالة غير صحية لمستخدمي المبني.

2- عدم تماسك اللياسة في المباني.

3- تمليح الحوائط والأرضيات والأسقف.

4- فساد الأخشاب المستخدمة وانحناءها.

5- تعريض الحديد المستخدم للصداء.

6- أتلاف الدهان او الصبغ.

7- تلف للتمديدات الكهربائية.

8- تلف التكسيات للأرضيات والحوائط والأسقف.

9- تكاثر الفطريات والبكتيريا في المبني.

ثالثا -مواد عزل الرطوبة

1- مواد عازلة مرنة:

أ- الألواح المعدنية

ب-البيتومين

ت-السوائل العازلة

ث-البولي ايثلين

2–مواد عازلة صلبة

أ–الألواح المعدنية :

وهي ألواح تستعمل لشدة عزلها للرطوبة والمياه في الأسطح والحوائط والأرضيات، والألواح المعدنية لها أشكال كثيرة منها ،ألواح الرصاص،

ألواح النحاس، وألواح الألومنيوم،وألواح الحديد المجلفن.

ب–البتومين :

يصنع البتومين من ما تبقى من تقطير البترول الخام، حيث يتراوح قوامه بين الصلابة وشبه الصلابة، كما أن لونه يتراوح بين الأسود والبني، ومن أشهر أنواعه المستعملة في العزل الرطوبي هي البتومين المنفوخ (المؤكسد)،و البتومين المتصلد.

ثالثا–سائل عزل المياه :

يصنع هذا السائل من خلط مادة البرافين مع الزيت الطيار ،اذ يدهن المخلوط السائل بالفرشاة أو يرش بماكينات الرش الخاصة على المناطق المنفذه للمياه أعلى منسوب الأرض، ويمكن الاعتماد هذه الطريقة لمنع الرطوبة من 3 – 5 سنوات حسب نوع المادة وكيفية تعرضها للرطوبة.

رابعا– مشمع البولي ايثيلين :

وهو أسود اللون ولاستعماله كمادة عازلة للمباني،و يجب أن يكون بسمك لا يقل عن 0.46 مم، ووزنه حوالي 0.48 كجم / م2، ويعد البولي ايثيلين من المواد المرنة التي تقاوم الانبعاج المترتب على هبوط المباني الخفيفة بدون تلف، ونظرا لرقة سمك هذا المشمع عن مادة البتومين لذلك يفضل وضعه في لحامات مونة المباني، وكذلك في عزل الحمامات واحواض الاستحمام.

خامسا– مواد عازلة نصف قاسية:

1–الإسفلت

2–لفات إسفلتية

3– رقائق إسفلتية صغيره

سادسا– مواد عازلة قاسية

1–بياض أسمنتي (لياسة)

2–إضافات لعزل المياه

3–ألواح الإردواز

4-ألواح الاسبيستوس الصغيرة

5-ألواح خشبية صغيره

6-ألواح الاسبيستوس الأسمنتي

7-طبقات البلاستيك

8-القرميد

ولكل مما ورد أعلاه مميزاته وعيوبه وطرق تركيبه.[1]

المبحث الثاني- اثار الانهار دائمة الجريان على المشاريع الهندسية

يوجد في العالم عدد كبير من الانهار دائمة الجريان،وذات نظام تصريف يختلف من نهر لاخر،سوء من حيث الموسم اوالكمية او النوعية،وحتى الكمية تختلف من موسم لاخر،ومن سنة لاخرى،وقد ترتفع مناسيب مياه بعض الانهار في بعض السنوات الى مستويات تفوق طاقتها الاستيعابية،فتنتشر المياه على جانبي المجرى ضمن واديه،فتغمر ما موجود من عمران ومشاريع تقع على جانبي النهر.

اولا- التاثير النوعي والكمي لمياه النهر على المشاريع الهندسية:

1-التاثير النوعي:

يعني التاثير النوعي مدى عذوبة المياه وما تحويه من رواسب او املاح والتي تنعكس اثارها على الابنية والطرق التي تتعرض الى الفيضان،سواء التاثير المباشر بالغمر،اذ تحمل مياه الفيضان كمية كبيرة من الرواسب التي تترسبها على ارضية المبنى وفوق الطرق وشبكة المياه ومجاري الامطار والصرف الصحي، فينتج عنها تعطل عمل تلك الخدمات. او قد يكون التاثير غير مباشر عن طريق تسرب المياه الجوفية التي تنقل معها الاملاح والمعادن من باطن الارض الى سطحها،والتي تترك اثار سيئة على الابنية والمشاريع المختلفة التي تتعرض لها.

2-التاثير الكمي:

ان ارتفاع كمية المياه بشكل يفوق الطاقة الاستيعابية لمجرى النهر فتسبب فيضان تغمر اراضي واسعة بما تتضمنه من مدن وانشطة زراعية وصناعية،او قد تكون مناسيب الفيضان منخفضة لا تخرج عن السداد الجانبية للمجرى فتسبب حدوث مياه جوفية مرتفعة المناسيب في الاراضي المحيطة بالمجرى بعد السداد الترابية، فيقتصر اثارها على الاجزاء الارضية من المباني،وقد تكون كمية مرتفعة فتغطي اجزاء واسعة من المبنى فتسبب مشاكل كبيرة في المبنى سواء هبوط وتشققات او تدمير مكونات البناء،فضلا عن تدمير منشأت البنى التحتية .

ثانيا-الاثار المباشرة وغير المباشرة على المشاريع الهندسية.

وتكون اثار الفيضانات على نوعين مباشر او غير مباشر ،وكما يلي:

1-التأثير المباشر، تتعرض الكثير من المدن الى الفيضان فتغمرها بشكل كامل او جزئيا،فيؤدي الى تدمير الابنية والبنى التحتية ،وقد تتسبب بخسائر بشرية كبيرة فضلا عن الخسائر المادية،من خلال انهيار بعض الابنية بالكامل او جزئيا،او نتيجة لرواسب الطينية التي تحملها تلك المياه والتي تترك اثار تدميرية كبيرة على الابنية والبنى التحتية تكون اكثر تاثيرا من المياه الفيضان النقية من الرواسب .

2-التاثير غير المباشر ،ترتفع مناسيب مياه الانهار في المجرى الى منسوب يفوق مستوى ارض المدينة،اذ تحول السداد المقامة على الضفاف دون وصولها الى المدينة،الا ان المدينة تتعرض الى ارتفاع منسوب المياه الجوفية والتي تغمر المناطق المنخفضة من المدينة،وقد يؤدي تحرك تلك المياه من باطن الارض الى سطحها الى نقل الاملاح والمعادن القابلة للاذابة بالمياه الى سطح الارض،فيزيد ذلك من تاثير تلك المياه على الابنية والبنى التحتية،لذا يتحول لون الطبقة السطحية من الارض الى اللون الابيض الى الاسمر، حسب نوع المادة المنقولة من باطن الارض،ويكون لتلك الظاهرة تاثير كبير على اسس الابنية وارضيتها،كما تؤثر على الغطاء النباتي في المدينة فينعدم او يقل كثيرا.

ثالثا- تاثير العمليات النهرية(التعرية والارساب) على المشاريع الهندسية.

يعد وادي النهر مسرحا لعملياته المختلفة من تعرية وارساب والتي يترتب عليها تكون العديد من الإشكال الأرضية, ويعتمد ذلك على كمية التصريف وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره، لذا تتباين العمليات النهرية من فترة لأخرى ومن مكان لاخر ضمن المجرى من منبعه الى مصبه, وقد تطرق وليم موريس ديفز الى ذلك وقال أن النهر يمر في مراحل ولكل مرحلة خصائص معينة, شكل (3-1)مخطط يبين المراحل التي يمر بها النهر.

وقد يمر النهر في تلك المراحل في أن واحد وكما يأتي:

1- مرحلة الشباب او التصابي في أعلى مجرى النهر إذ يكون المجرى ضيقا وشديد الانحدار وسريع الجريان لذا تتركز التعرية في قاع المجرى, أي تكون التعرية رأسية فيتعمق المجرى, وقد ترتب على ذلك ظهور مجاري الانهار على شكل خوانق وتتضمن بعضها مساقط مائية ومسارع, وتعد مثل تلك المجاري غير صالحة للملاحة.

2- مرحلة النضج ويمر بها وسط المجرى، اذ يقل انحدار المجرى ويتسع لذا تنخفض سرعة الجريان فتحدث تعرية في القاع والضفاف فتتكون أشكال مختلفة ناتجة عن التعرية والارساب والتي تختلف عما في المرحلة السابقة, وربما يغير النهر مجراه لمرات عدة ضمن واديه تاركا وراءه البحيرات الهلالية(ox-bow) والمدرجات النهرية، ويتضمن هذا الجزء من المجرى المنعطفات وتشهد الضفاف ترجع بعضها نحو اليابس بسبب التعرية وتقدم بعضها بسبب عمليات والارساب, وتنعكس أثار ذلك على النشاط البشري كالاستيطان والطرق والزراعة والري وغيرها من مشاريع تقع قرب الضفاف.

3- مرحلة الشيخوخة أدنى مجرى النهر، اذ يقل انحداره ويتسع مجراه فتقل سرعة الجريان والتعرية ويزداد الترسيب فتكثر الجزر والد لتوات, ولذلك يكون مجرى النهر في وضع مختلف عن ما عليه في اعلاه ووسطه من حيث الشكل العام والانحدار والمظاهر,الشكل (3-2) صورة توضح عمليات التعرية والارساب النهري

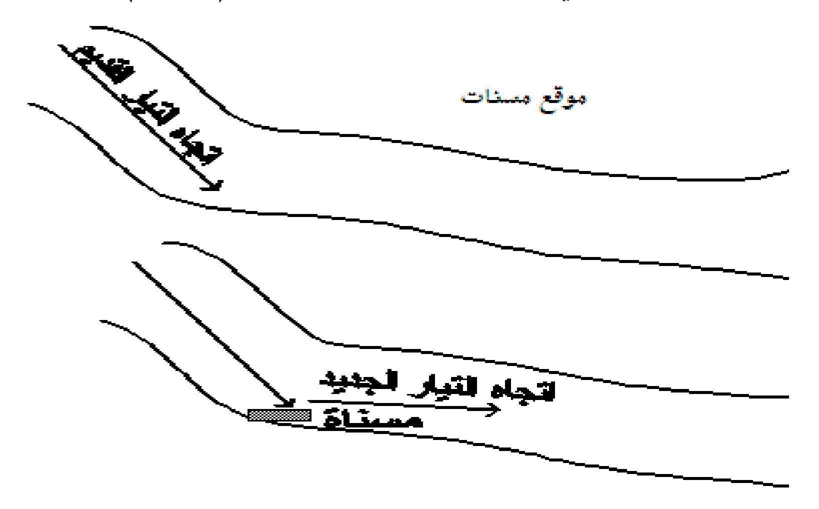


ولغرض الحد من آثار التعرية النهرية ومخاطرها يمكن اتخاذ بعض الإجراءات منها ما يأتي:

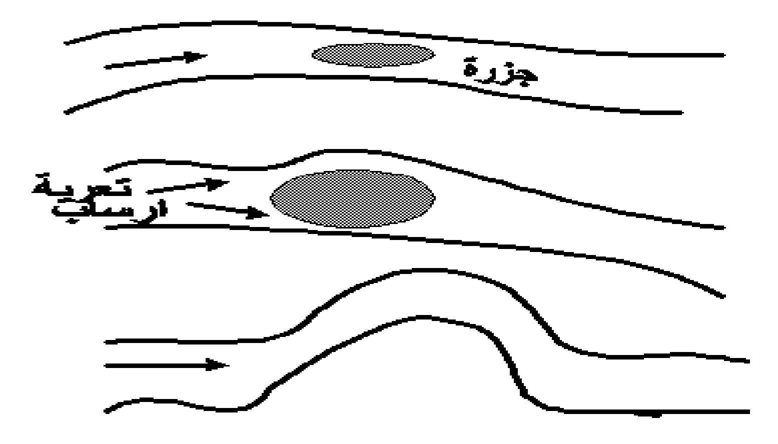
1- رصف ضفاف الانهار عند المناطق الحضرية بالصخور او الكتل الكونكريتية لمنع حدوث التعرية في تلك المناطق وبالتالي حماية الأبنية والمنشآت المقامة على ضفاف الانهار من مخاطر التعرية.

2- عمل مسنات صخرية او كونكريتية أمام المناطق التي تتعرض للتعرية لابعاد التيار عنها, ويجب ان يكون وفق قياسات دقيقة من حيث امتداد المسنة في المجرى والزاوية التي تتخذها بالنسبة للضفة التي تمتد منها لتجنب تحول

التيار الى الضفة الثانية فيعمل على تعريتها في حالة عدم دقة عمل تلك المسنات والتي تكون مهمتها الأساسية تحويل مسار التيار عن المناطق المعرضة الى التعرية نحو وسط المجرى, شكل (3- 3) مخطط لمواقع مسنات.



3-عدم السماح للجزر بالتوسع والثبات في مجاري الانهار لفترة طويلة لأنها تعمل على تقسيم المجرى الى فرعين يمران من جانبيها أحدهما قوي الجريان والأخر ضعيف فتتركز في الجانب القوي التعرية وفي الجانب الضعيف الترسيب, وبمرور الزمن يتسع جانب التعرية ويضعف جانب الترسيب حتى يتوقف عن الجريان فتلتحم الجزرة بالضفة فتكون جزء من اليابس ويحدث انعطاف في المجرى, شكل (3-4) مخطط يبين دور الجزر في تغير



المجرى،وربما تتكرر هذه الحالة في عدة أماكن ضمن المجرى وتكون لها اثار سلبية على النشاط البشري على جانبي المجرى، اذ تتعرض المنشآت الواقعة على الضفة التي تتعرض الى التعرية الى مخاطر كبيرة ربما تعمل على تدميرها وأزالتها من موضعها إذا كانت قريبة من المجرى والتعرية قوية،اما في جهة الإرساب فقد يؤدي ذلك الى ابتعاد المجرى عن المناطق العمرانية او الزراعية ويحتاج إيصال الماء أليها شق قنوات واقامة محطات ضخ جديدة وهذه عملية مكلفة، شكل (3- 5) صورتان تبين طبيعة الجزر النهرية الحديثة والقديمة.



رابعا– مواسم فيضانات الانهار

تعتمد مياه الانهار على مصادر ثابتة ومتغيرة،الثابته تتمثل بمياه العيون المتدفقة بشكل مستمر ،ومايصب في النهر من روافد تجري بشكل مستمر ،اما المتغيرة فيتمثل بالامطار الساقطة وذوبان الثلوج،لذا ترتفع مناسيب مياه الانهار في مواسم سقوط الامطار وذوبان الثلوج عن مناسيبها في الايام الاعتيادية،وتتغير من سنة لاخرى،حسب كميات الامطار والثلوج الساقطة،فقد يكون في بعض السنوات بمعدلات مرتفعة فتزيد كمية المياه الواردة الى مجرى النهر ،وتفوق طاقة المجرى الاستيعابية،لذا تخرج المياه من المجرى الرئيسي نحو الضفاف على جانبي المجرى،وقد يصل منسوب المياه الى مستوى يؤدي الى تجاوز محرمات النهر فيغمر مساحات واسعة من وادي النهر ،والتي تصل الى الاف الكيلومترات المربعة،وقد تتعرض مدن كبيرة الى تلك الفيضانات،فتكون لذلك اثار سيئة على الابنية والطرق والجسور والبنى التحتية،اذ تتعرض الابنية والطرق ومجاري الصرف الصحي والمياه والكهرباء الى اضرار بالغة تصل الى مليارات الدولارات،فضلا عن تدمير الصناعة والزراعة،لذا يجب على المخطط ان ياخذ بنظر الاعتبار تلك الفيضانات عند تخطيط المدينة على ضفة النهر او ضمن واديه،الاشكال(3–6)صور لفيضانات الانهار في العالم.









المبحث الثالث– اثار الاودية الموسمية الجريان على المشاريع الهندسية.

تمر خلال الكثير من المدن وخاصة الصحراوية اودية والتي تكون جافة في مواسم الجفاف،وجارية في مواسم تساقط الامطار،ونظرا للتغيرات المناخية في السنوات العشر الماضية وزيادة عدد ايام تساقط الامطار مع تزايد كمية الامطار الساقطة،والذي ادى الى ورود كميات كبيرة من المياه الى مجرى الوادي تفوق طاقتها الاستيعابية مما يؤدي الى خروج المياه نحو المناطق المنخفضة المحيطة بالمجرى،والذي يسبب غمر مساحات واسعة من المدن التي تقع على تلك الاودية،ويظهر ذلك بشكل واضح في مدن المملكة العربية السعودية،سنويا تتعرض مدن جدة ومكة والمدينة والرياض والدلم الى فيضانات الاودية فينتج عنه دمار كبير في الابنية والبنى التحتية والجانب الاقتصادي.فقد تنهار ابنية او تتعرض للهبوط، وتدمر الجسور والطرق،وتتحول الطرق الى مجاري مائية وبسرعة كبيرة بحيث تجرف السيارات وتتحول الى طوابير فوق بعضها البعض،وقد ينتج عن ذلك خسائر بشرية،اما خسائر بالممتلكات فهي كبيرة جدا وتقدر بمليارات الدولارات،شكل(3–7) مجموعة صور تعبر عما تم ذكره. [2]








المبحث الرابع – اثار فيضانات البحار والمحيطات على المشاريع الهندسية.

تتمتع الكثير من المدن بمواقع بحرية متميزة ،الا ان ذلك لايخلو من مشاكل ومخاطر تؤثر على عمران المدينة بشكل مباشر وغير مباشر بسبب الاعاصير وامواج التسونامي او الرطوبة المستمرة.

اولا– الاعاصير :

1–تعريف الاعاصير وانواعها

هناك تشابه كبير بين المصطلحات سيكلون، تايفون، هوريكان وتورنادو، عادة يُعطى اسم سيكلون لإعصار ضخم يتشكل فوق المحيطات في ظروف جوية خاصة تسود المناطق الاستوائية، ن تلك الاعاصير الاستوائية الناشئة فوق المحيط الهادئ والتي تصل إلى شواطئ اليابان تسمّى **تايفون**، بينما تلك التي تتشكّل فوق المحيط الهادئ وتصل إلى شواطئ جنوب آسيا (الهند وبنغلاديش) وأستراليا تسمى **سيكلون**، بينما تلك التي تتشكّل فوق المحيط الأطلسي وتصل إلى شواطئ الولايات المتحدة فتسمى **هوريكان**، وتشير جميع هذه المصطلحات إلى ظواهر متشابهة جدًّا لحالة الطقس من الناحية الطبيعية.

اما التورنادو في اعصار يحدث على اليابس،ولكن على نطاق أصغر بكثير مقارنة بالانواع السابقة ويستمر لمدة أقصر، الا ان قوّته أكثر تدميرًا من السيكلون، والتايفون والهوريكان في المنطقة التي يمر بها.

تتعرض المدن البحرية الى الاعاصير التي تكون سريعة الرياح وغزيرة الامطار ،ثل التورنادو والهيراكين والتايفون لالبحار والمحيطات وتتجه نحو اليابس وسرعان ما تتلاشى بعد بضع كيلو مترات فوق اليابس.

وتعني الأعاصير ومفردها إعصار هي عواصف عنيفة ذات رياح دوارة بشكل حلزوني، تكون فيها الرياح الباردة ذات الضغط المرتفع تدول حول الرياح الساكنة ذات الضغط المنخفض، ثم تخرج هذه العاصفة من الماء إلى اليابسة فتفقد سرعتها لاحتكاكها باليابسة بعد أن تدمّر كل ما يمرّ في طريقها على اليابسة دماراً كبيراً، كما يتحرّك الإعصار في خطوط منحنية أو خطوط مستقيمة، ويختلف دوران الإعصار في كل من نصف الكرة الأرضية الشمالية الذي يدور

فيه الإعصار باتّجاه عكس عقارب الساعة، بينما في نصف الكرة الأرضية الجنوبية يدور الإعصار باتجاه عقارب الساعة، وتسمّى أعاصير حلزونية أو مدارية أو استوائية، وذلك لأنّها تنشأ فوق البحار والمحيطات الاستوائية في فصلي الصيف والخريف.[3]

2-أجزاء الإعصار

يتكون الإعصار من أجزاء، وهي: منطقة المركز، وتمثل عين الإعصار، ويتميّز بأنّه هادئ، وجدار الإعصار، وهي غيوم كثيفة، وعواصف رعد وبرق، وأمطار غزيرة، ويمتاز بأنه يدور حول عين الإعصار، وحركات رياحه عمودية عنيفة.

3-أنواع الأعاصير

تصنّف أنواع الأعاصير حسب سلمّ فوجيتا، وتصنّف حسب سرعتها، والدمار والخسائر التي تخلّفها،وأنواعها هي:

أ-إعصار خفيف: هو إعصار من الدرجة الأولى، وتكون سرعة الرياح فيها من 133-118 كيلومتر في الساعة، وتكون أضراره خفيفة تُختصر على بعض الدمار في المزروعات، وتحريك المنازل المتحرّكة، وتخريب المعدات التي تكون فوق أسطح المنازل.

ب-إعصار متوسط: هو إعصار من الدرجة الثانية، وتكون سرعة الرياح فيها من 118-180 كيلومتر في الساعة، وتكون أضراره متوسطة، إذ تقتلع الأشجار الخفيفة وتصدع الأشجار الكبيرة، وتنقلب السيارات، واقتلاع الخيام، وتكسير نوافذ المنازل.

ت-إعصار قوي: هو إعصار من الدرجة الثالثة، وتكون سرعة الرياح فيها من 181-210 كيلومتر في الساعة، إذ تكسر الأشجار الضخمة وتقتلع من مكانها، وتكسر واجهات المنازل واقتلاع أسقفها، وتنقلب السيارات.

ث-إعصار قوي جداً: هو إعصار من الدرجة الرابعة، وتكون سرعة الرياح فيها من 210-250 كيلومتر في الساعة، وتدمّر المنازل وخصوصاً الأسقف، وتقتلع الأشجار، وقطع خطوط الكهرباء، وإغلاق الطرق.

ج-إعصار عنيف: هو إعصار من الدرجة الخامسة، وتكون سرعة الرياح فيها من 251 - 330 كيلومتر في الساعة، يؤدّي لتدمير المنازل وتطرحها أرضاً، وحمل القطع الكبيرة لمسافات طويلة.

ح-إعصار فائق القوة: هو إعصار من الدرجة السادسة، وتكون سرعة الرياح فيها أكثر من 420 كيلومتر في الساعة، لم يأتي على الأرض بعد،الاشكال (3-5)صور لعدد من انواع الاعاصير ،شكل(3-8) صور لانواع الاعاصير.

ومن الجدير بالاشارة ان اخطر تلك الاعاصير هي التي تكون مصحوبة بنار ،فتضاف وسيلة تدميرية اخرى،اضافة الى قوة الرياح وغزارة الامطار تحدث حرائق،وهذا ما ورد في القرآن الكريم(أَيَوَدُّ أَحَدُكُمْ أَنْ تَكُونَ لَهُ جَنَّةٌ مِنْ نَخِيلٍ وَأَعْنَابٍ



ومن الجدير بالاشارة ان اخطر تلك الاعاصير هي التي تكون مصحوبة بنار ،فتضاف وسيلة تدميرية اخرى،اضافة الى قوة الرياح وغزارة الامطار تحدث حرائق،وهذا ما ورد في القرآن الكريم(أَيَوَدُّ أَحَدُكُمْ أَنْ تَكُونَ لَهُ جَنَّةٌ مِنْ نَخِيلٍ وَأَعْنَابٍ

تَجْرِي مِنْ تَحْتِهَا الْأَنْهَارُ لَهُ فِيهَا مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ وَأَصَابَهُ الْكِبَرُ وَلَهُ ذُرِّيَّةٌ ضُعَفَاءُ فَأَصَابَهَا إِعْصَارٌ فِيهِ نَارٌ فَاحْتَرَقَتْ كَذَٰلِكَ يُبَيِّنُ اللَّهُ لَكُمُ الْآيَاتِ لَعَلَّكُمْ تَتَفَكَّرُونَ (266 {(سورة البقرة.

شكل(3-9)اعاصير نارية



4-اقوى الاعاصير

من أقوى الأعاصير على مر التاريخ هي:

أ- إعصار نانسي عام 1961م، وصلت سرعة الرياح فيه إلى 342كم/ساعة، والذي ضرب مناطق شمال غرب المحيط الهادئ.

ب-اكثر الاعاصير دمارا هو إعصار بنغلادش عام 1970م الذي خلف دماراً كبيراً جداً، ويعد أكثر إعصار دموي على مرّ التاريخ حيث قتل اكثر من 300 ألف شخص.

ت- اطول الاعاصير زمنا هو إعصار جون الذي ضرب عدّة مناطق مختلفة في أستراليا عام 1994م، ويعد أطول إعصار من ناحية العمر فقد استمرّ 31 يوماً.

ث- اكثر الاعاصير تدميرا في القرن الحالي فهي أعاصير إيرين وكاترينا وساندي التي ضربت الولايات المتحدة عام 2011م والتى أدّت إلى خسائر مادية ضخمة جداً، ولا تزال بعض المناطق تعاني من آثار هذه الأعاصير،شكل(3-10)جزء من اثار اعصار كاترين.[(4)]





ومن الأعاصير المدمرة هو إعصار باتريسيا الذي ضرب السواحل المكسيكية، وصنّف على أنّه أقوى الأعاصير التي ضربت تلك المنطقة،اذ بلغت سرعة الرياح فيه 325 كم/ساعة وتمّ إجلاء أكثر من 50 ألف شخص بسبب قوته.

ومن الاعاصير الشديدة اعصار مايكل الذي ضرب ولاية فلوريدا الامريكية في اكثوبر 2018،فقد بلغت سرعة الرياح 250 كم/ساعة،كما صاحب ذلك امطا ر غزيرة جدا ،والتعرض الى امواج عاتية من البحر حولت شوارع المدينة الى مجاري مائية كبيرة ،وتقدر الخسائر المالية بحوالي 30 بليون دولار،وتشير المعلومات ان المنطقة لم تتعرض الى هكذا اعصار منذ اكثر من 100 سنة،فقد عملت الرياح القوية على اقتلاع بعض المنازل من اساساتها،فضلا عن تدمير البنى التحتية.[5]

5- الاعاصير المدمرة في الوطن العربي

من اهم الاعاصير التي حدثت في الوطن العربي اعصار جونو او غونو الذي ضرب سلطنة عمان والذي خلف وراءه دمار كبير وهو اعصار مكونو،شكل(3-11)صور للدمار الذي خلفه الاعصار .[6]



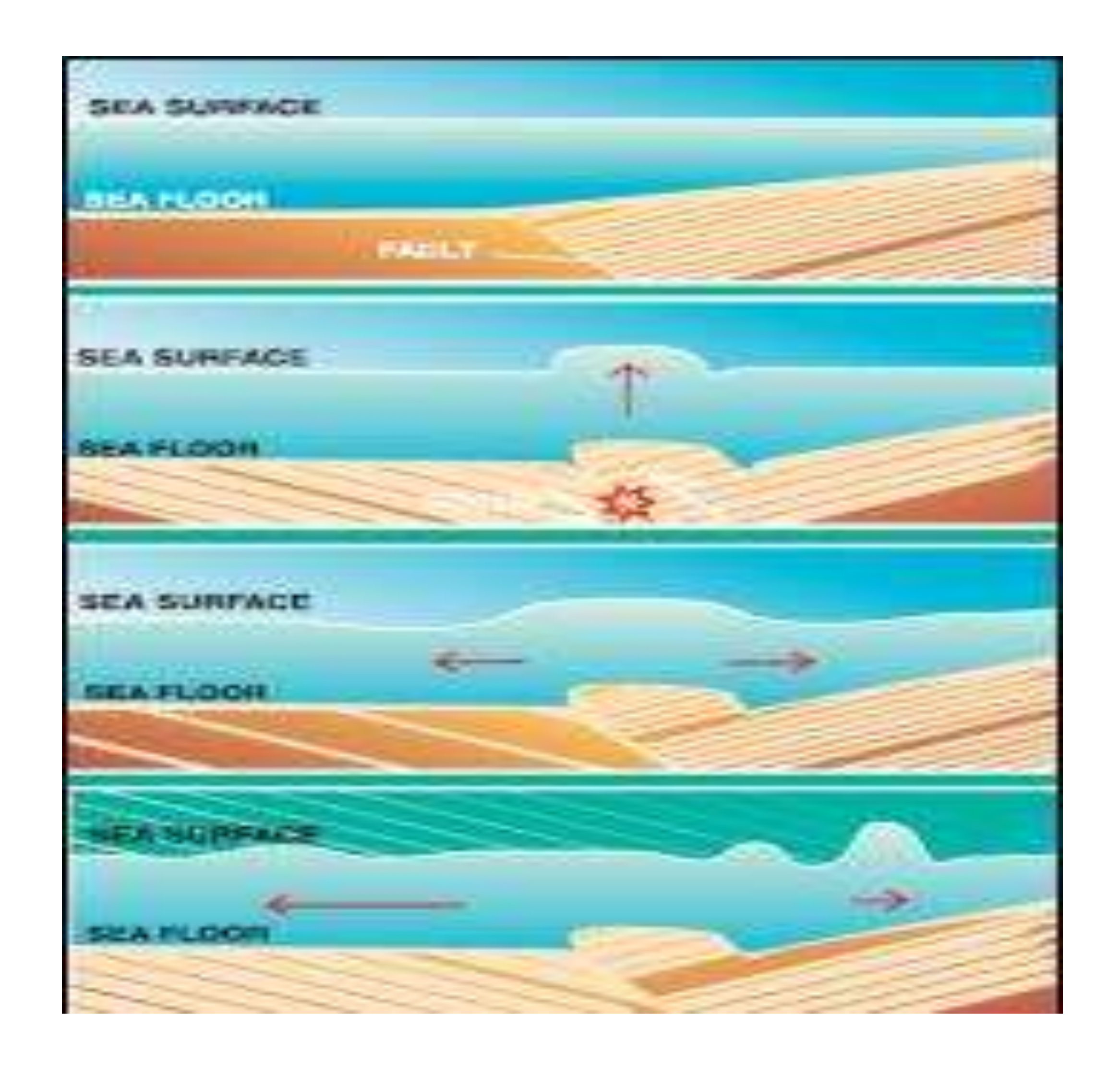







ثانيا–امواج التسونامي

وهي امواج ناتجة عن حدوث الزلازل في قاع البحار والمحيطات،وتكون أمواج عاتية من حيث السرعة والارتفاع، وتتكون تلك الأمواج فوق مركز الزلزال،اذ يحدث اختلال في حركة جزيئات الماء فتندفع إلى الأعلى بقوة كبيرة وتكون بمستوى أعلى من منسوب مياه البحر الاعتيادي بعدة أمتار نتيجة للحركة الاهتزازية الشديدة الناتجة عن حركة الكتل المنكسرة،وتندفع في حركتها في جميع الاتجاهات, الشكل (3–12) يوضح بداية حدوث التسونامي، وتكون تلك الأمواج كبيرة وطويلة في بدايتها ألا أنها تتراجع تدريجيا كلما طالت المسافة.[7]



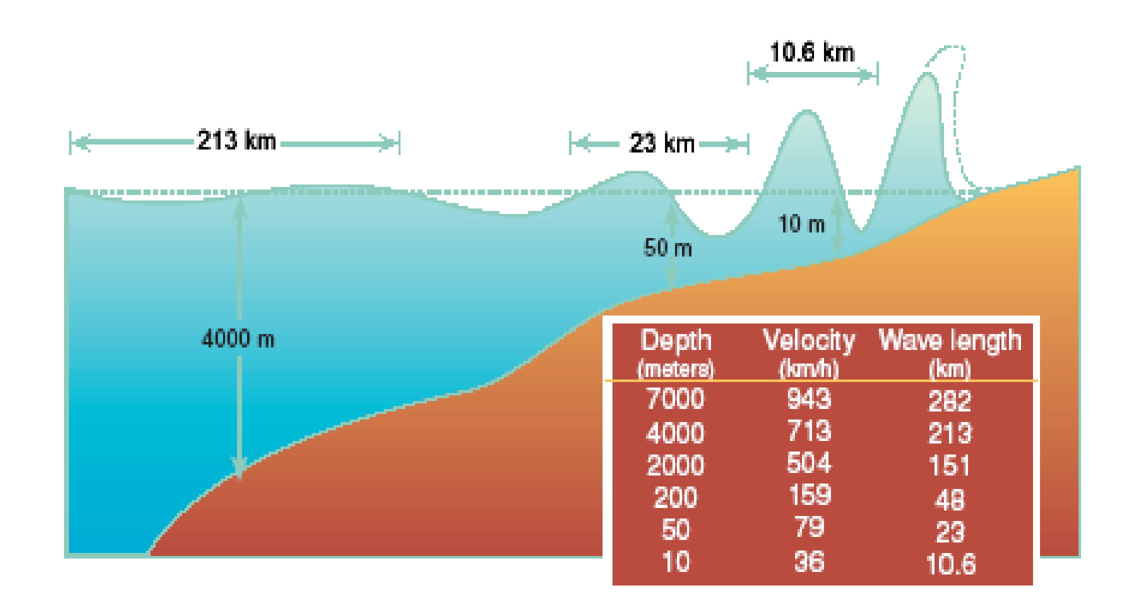
ويعد ما حدث في المحيط الهادي في جنوب شرق آسيا في 2004/12/26 من اكبر واكثر الأمواج كارثية, والذي نتج عنه حدوث أمواج وصلت سرعتها إلى حوالي 800كم/ساعة وارتفاع الأمواج حوالي 30م ,والذي تسبب بأضرار كبيرة في حوالي 12 دولة,ووصلت آثارها إلى السواحل الشرقية من أفريقيا,ومنها الصومال,وكانت ضحايا وخسائر تلك الأمواج تفوق خسائر الزلزال نفسه.[8]

كما أدى زلزال تشيلي الذي تعرض له جنوب غرب أمريكا الجنوبية في عام 1905 إلى حدوث أمواج تسو نامي والتي اتجهت عبر المحيط نحو سواحل اليابان حيث قطعت حوالي 7000كم خلال12 ساعة, حيث وصل ارتفاع تلك الأمواج عند سواحل اليابان حوالي3,5م.[9]

ومن الجدير بالذكر أن تلك الأمواج تحدث نتيجة للثورانات البركانية وسقوط النيازك في البحار والمحيطات أيضا.

وقد يصل مدى تأثيرها ضمن اليابس إلى 5كم, وتكون تلك الأمواج ذات قوة دفع كبيرة جدا بحيث تعمل على حمل كتل صخرية يصل وزنها حوالي 20 طن ونقلها لمسافة 20م,وتقل سرعة تلك الأمواج في المياه الضحلة قرب الشواطئ

ألا أنها تزداد ارتفاعا فتعمل على تدمير منطقة واسعة فوق السواحل ,الشكل (3-13) يوضح حركة أمواج التسونامي من البحر نحو البر,ويتضمن الشكل جدولا يوضح عمق الموجة وسرعتها وطولها.[10]



Depth (meters)	Velocity (km/h)	Wave length (km)
7000	943	282
4000	713	213
2000	504	151
200	159	48
50	79	23
10	36	10.6

وتتخذ أمواج التسونامي أوضاعا مختلفة عند وصولها إلى السواحل حسب طبيعتها من حيث الارتفاع والسرعة ونوع المنشآت المقامة على تلك السواحل،ويمكن ملاحظة ذلك من محتويات الشكل (3-14) نماذج من أمواج التسونامي.



3- ظاهرة النينو

أ-تعريف النينو

وتعني باللغة الأسبانية الطفل, وهي ظاهرة مناخية محيطيه تتكرر كل بضع سنوات تتراوح بين 3 إلى 7 سنة وتستمر لفترة تتراوح ما بين 14 إلى 22 شهر, وقد أطلقت تلك التسمية من قبل البحارة البيريون في القرن التاسع عشر على المياه الاستوائية الدافئة المتجهة غربا والتي تظهر آثارها في أعياد الميلاد, وقد رصد علماء المناخ في بيرو أن هنالك تغيرات

مناخية عنيفة تتكرر كل بضع سنوات يصاحبها فيضانات فصلية مدمرة على طول الساحل الجاف, بحيث تستمر درجات الحرارة مرتفعة لفترة من الزمن تزيد عن سنة, وقد تم تسجيل أول حدث غير طبيعي لتساقط الأمطار عام 1525.

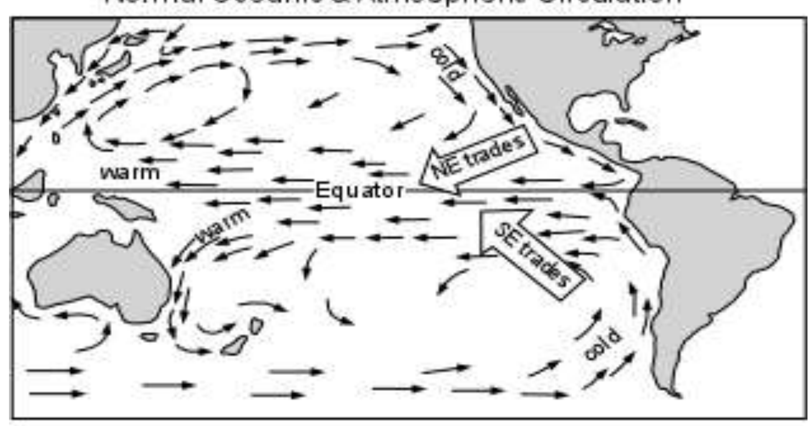
ب- تكون ظاهرة النينو:

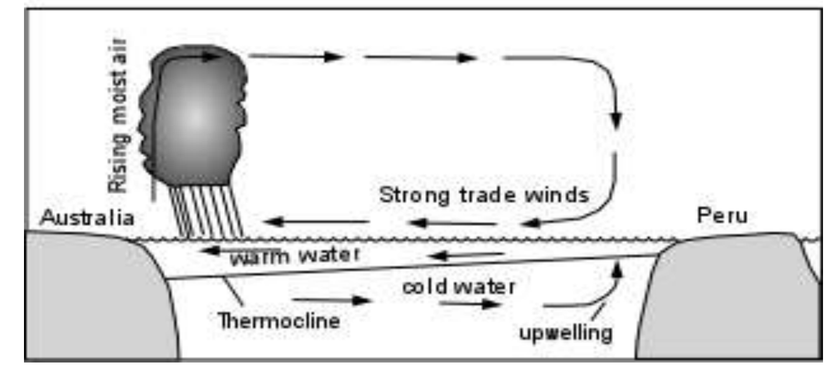
تحدث تلك الظاهرة عندما تتغير حرارة الجزء الشرقي من مياه المحيط الهادي على امتداد خط الاستواء ,فتعمل الرياح التجارية على تحريك تلك المياه وتجميعها في بعض المناطق غرب المحيط الهادي, وينتج عن تلك الظاهرة ارتفاع في درجات حرارة الماء فوق المعدل الاعتيادي وبحوالي 2 إلى 3° م إذا كان النينو ضعيفا, و مابين 8 إلى 10°م في النينو العنيفة,ويصاحب تلك الظاهرة تأثيرات مختلفة على البيئة, ولا يقتصر على المناطق التي تتعرض لها بشكل مباشر بل يصل إلى مسافات بعيدة, كما يرتفع سطح المياه عما يجاوره حوالي نصف متر, فيعطي شكلا غير مألوف في السابق في المناطق التي يحدث فيها, الشكل (3-15) صورة توضح ظاهرة النينو.



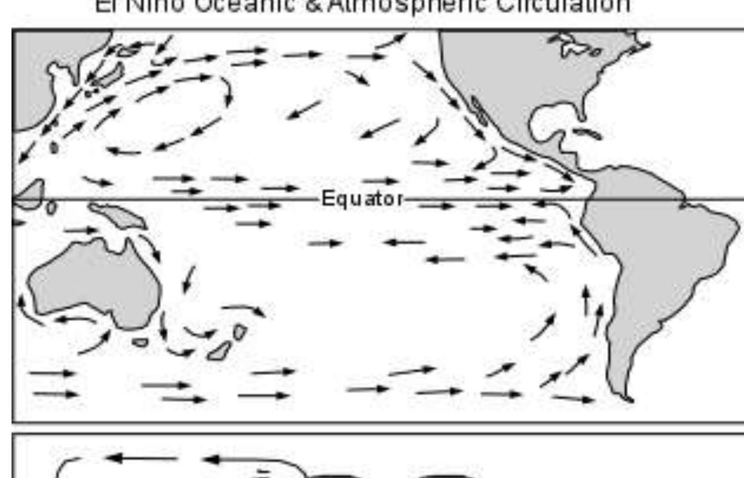
وقد تفشل الرياح التجارية في بعض الأحيان في تحريك تلك المياه نحو الغرب وتستقر عند السواحل الشرقية من المحيط الهادي,أي عند السواحل الشمالية الغربية لأمريكا الجنوبية وسواحل أمريكا الوسطى وسواحل جنوب غرب أمريكا الشمالية , فيؤدي ذلك إلى حدوث تلك الظاهرة في تلك المناطق دون حدوثها في الجهة الأخرى من المحيط الهادي ،الشكلان (3-16)و(3-17) مخططان يوضحان طبيعة تكون النينو عند السواحل الشرقية والغربية للمحيط الهادي.

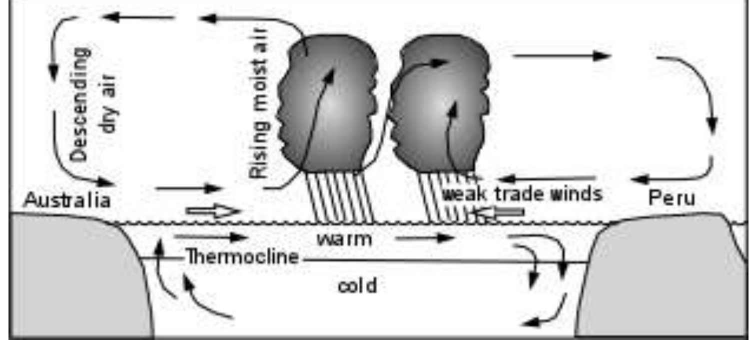
Normal Oceanic & Atmospheric Circulation





El Niño Oceanic & Atmospheric Circulation





إذ يوضح المخطط الأول كيفية تحرك الرياح والمياه الدافئة باتجاه سواحل جنوب شرق آسيا واستراليا وتكون ظاهرة النينو هناك،أما المخطط الثاني فيوضح عدم تحرك المياه من الجهة الشرقية أي من جهة الأمريكيتين فتحدث الظاهرة عند سواحلهما، وخاصة أمريكا الجنوبية.

ففي عام 1983/1982 حدثت تلك الظاهرة عندما ارتفعت درجة حرارة مياه شرق المحيط الهادي الاستوائية ومعظم المنطقة الاستوائية مابين 5 إلى 10 ْم وانعكست آثار ذلك على العديد من القارات, وقد تسبب في تساقط أمطار غزيرة على شمال غرب أمريكا الجنوبية راح ضحيتها حوالي 2000 شخص،في حين تعرضت استراليا وإندونيسيا إلى جفاف وحرائق غابات،كما تعرض الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية إلى انتشار أمراض متنوعة وقوارض وحشرات بشكل غير مألوف من قبل.

وفي عام 1988 ساد الجفاف وسط وغرب الولايات المتحدة الأمريكية بسبب تأثير ظاهرة اللانينا .[11]

وفي عام 1997/ 1998 حدثت ظاهرة النينو عندما ارتفعت حرارة مياه المحيط عند المنطقة الاستوائية الشرقية إلى حوالي 5 ْم عما يجاورها خلال الفترة من شهر 8 سنة 1997 إلى شهر 5 سنة 1998،اذ اتجهت تلك المياه غربا فأثرت على المناطق الاستوائية الغربية من المحيط الهادي مثل شمال استراليا وجزر إندونيسيا بهطول أمطار غزيرة وفيضانات, بينما تعرضت في نفس الوقت بيرو وتشيلي إلى الجفاف الذي امتدت آثاره إلى مناطق أخرى.

وقد تتسبب تلك الظاهرة في حدوث الانزلاقات الأرضية وحدوث أعاصير الهوريكان، ومن اكثر مناطق العالم تعرضا إلى تلك الظاهرة أمريكا الجنوبية وأمريكا الوسطى وجنوب أمريكا الشمالية,وبدرجة اقل مناطق أخرى من العالم,وقد تمتد آثارها إلى آلاف الكيلومترات.

وقد تم تتبع تلك الظاهرة بواسطة الأقمار الاصطناعية وذلك من خلال مراقبة التغير في درجات حرارة المياه في مواقع معينة دون غيرها، كما تمكنت تقنيات الاستشعار عن بعد من تحديد المساحة التي يحدث فيها التغيير وسمكها، وهذا يساعد علماء المناخ في تحديد الوقت الذي يمكن أن تحدث فيه ظاهرة النينو.[12]

المبحث الخامس- اثارالمياه الجوفية على المشاريع الهندسية

اولا-مصادر المياه الجوفية

تتحرك المياه الجوفية بطرق مختلفة في باطن الارض،وهي كما يلي:

1-مياه جوفية ناتجة من تسرب مياه الامطار نحو الطبقات التحت السطحية.

2-مياه جوفية ناتجة عن تسرب مياه الانهار نحو المناطق المحيطة بمجرى النهر ،والتي تزداد فاعليتها عند حدوث الفيضانات.

3–المياه الجوفية الناتجة عن تسرب مياه البحار والمحيطات نحو الاراضي الساحلية.

ثانيا– الاثار المباشرة للمياه الجوفية اوالباطنية

توجد المياه الجوفية نتيجة لتسرب او ترشح كميات كبيرة من المياه السطحية سواء من الانهار او مياه الامطار نحو الطبقات التحت السطحية،وقد يكون بعضها نتيجة تسرب مياه البحار او الانهار بشكل افقي ضمن طبقات التربة والصخور ،ويختلف تاثير تلك المياه في الطبقات التحت السطحية والفوق السطحية،اذ هنالك حركتين متضادتين للمياه الجوفية،حركة من الاعلى الى الاسفل ضمن طبقات التربة والصخور ،وتتخذ اتجاهات افقية وعمودية حسب مسامية التربة وما تتضمنه الصخور من فواصل وكسور وفوالق.
وهنالك حركة للمياه الجوفية من الاسفل الى الاعلى،كما يحدث عندما ترتفع مناسيب مياه الانهار اعلى من منسوب الارض المحيطة بالمجرى والذي تحيط به سداد ترابية،فتتسرب المياه ضمن التربة وتظهر فوق السطح حاملة معها الاملاح والمواد المعدنية ترسبها على السطح فتغير شكله.
وجدير بالذكر إن هبوط سطح الأرض الطويل الأمد الذي يكون سببه استغلال وضع المياه الجوفية ،يمكن إيقافه عن طريق خفض معدلات ضخ المياه الجوفية الى معدلات إنتاج الأمان ،ويمكن بواسطة عمليات حقن المياه فى الخزانات الجوفية ورفع منسوب الماء الجوفي لإيقاف عملية الهبوط ،وبالتالي إعادة المناطق الهابطة الى ما كانت علية قبل الهبوط.إما إذا كان الهبوط مزمنا فيكون من الصعب بعد ذلك إعادة الأرض الهابطة الى ما كانت علية قبل ذلك.
وقد سجلت حالات عديدة لهبوط سطح الأرض،وذلك نتيجة للضخ والاستغلال المكثف للمياه الجوفية،نذكر منها ما يلي:
1– تعد مدينة البندقية فى ايطاليا إحدى الأمثلة الواضحة التي تعانى من مشاكل هبوط الأرض بشكل خطير ، وتتعرض كذلك لفيضانات بحرية عديدة ناتجة عن ظاهرة المد العالي المتكررة ،وقد هبط سطح الأرض فى هذه المدينة بمقدار(15 سم) فى المدة ما بين(1930–1973)،وذلك نتيجة الضخ الشديد للمياه الجوفية وخاصة للأغراض الصناعية فى منطقة ميناء مار جيرا والتي تبعد عن قلب مدينة بندقية بحوالي(7 كيلو مترات) ،وقد قدر جامبو الاتي: أن سطح الأرض البندقية سوف يستمر فى الهبوط وبمقدار(3سم) إذا استمر معدل الضخ الحالي للمياه الجوفية، أما إذا أوقف الضخ الحالي للمياه الجوفية فى كل المنطقة ،فيمكن آن يعود سطح الأرض الى الارتفاع بمقدار(2سم) ،وذلك خلال(25)عام القادمة.
2– هبطت أجزاء من مدينة المكسيك بمقدار(8 أمتار) وذلك منذ بدا عمليات ضخ الماء الجوفي الشديد والمكثف عام 1938(بولندا – 969).
3– هبطت أجزاء من مدينتي طوكيو واوساكا في اليابان ،وكان أقصى هبوط سجل فيها هو(4 أمتار) ،وذلك في الفترة

ما بين(1928–1934).

4– في الصين سجل هبوط قدرة متر واحد ،وذلك في مدينة تايبيه وذلك نتيجة لضخ الماء من حوض تايبيه الجوفي.

5–في انجلترا هبطت مدينة لندن أو أجزاء منها بمقدار يتراوح من(16–18 سم) من الفترة ما بين (1865–1930)،وذلك نتيجة لانضغاط طبقات الطين السميكة والتي سببها هبوط السطح البيزومتري للخزان الجوفي الطباشيري الذي يقع أسفل هذه الطبقات (بولندا –ديفيز 1969).

6– هبطت المنطقة الصناعية لمدينة باتون –روج بولاية أريزونا ،اذ يتركز استغلال مضخ الماء الجوفي،بمقدار 30 سم نتيجة انخفاض السطح البيزومتري بمقدار(60 سم)،وذلك منذ بدا عمليات الضخ في عام 1890،اى أن معدل الهبوط كان5 سم لكل عشرة أمتار هبوط في السطح البيزومتري،أما في منطقة هوستن_جال فستون بتكساس فقد كان أقصى هبوط لسطح الأرض هو(150سم)،وذلك نتيجة هبوط في منسوب المياه الجوفي بمعدل(60مترا) ،أي ما يعادل (25سم) لكل عشرة أمتار هبوط في منسوب المياه الجوفي ،وقد أصبحت التقارير الحديثة عن هبوط سطح الأرض في المنطقة المذكورة بأن هذا الهبوط قد ازداد حتى وصل الى(2.7 مترا)،مما سبب في ازدياد الفيضانات للمناطق المنخفضة نتيجة موجات المد العالي التي تحدث في المنطقة(جونز_ وارن 1976).

وقد أدى هذا الهبوط والفيضانات الى تدمير كثير من المباني والإنشاءات المختلفة وقدرت هذه الخسائر مابين 1969_1973 بحوالي 73 مليون دولار.

وقد أدت عمليات ضخ واستغلال الماء المكثف في كثير من مناطق العالم وخاصة لأغراض الري، الى هبوط سطح الأرض حيث نذكر مناطق السرير في ليبيا ومناطق وادي سان جاكوين فى كاليفورنيا كأمثلة على ذلك . وقد وصل هذا الهبوط الى (8.5 أمتار) فى منطقة سان جاكوين بكاليفورنيا اى بمعدل(55سم / سنة).

7– في نيوزيلندا وفى استغلال الماء الجوفي الساخن من حقول الماء الحراري الجوفي،واستخدامه فى عمليات توليد الطاقة الكهربائية والتدفئة والإغراض الأخرى ،وقد حدث هبوط فى منطقة ايركى معدلة(40سم)فى السنة ،وقدرت مساحة المنطقة المتأثرة بهذا الهبوط بحوالي (65 كيلو متر مربع) وصل الهبوط الكلى الى سطح الأرض منذ بدا استغلال الحقل الجوفي الحراري عام 1956 الى حوالي(4 أمتار).

8– فى ولاية كلفورينا وفى مناطق استغلال النفط فيها ،ظهرت حركات أفقية وراسية للقشرة الأرضية وقدر الهبوط فى حقل ولنجوتن بحوالي(9 أمتار) أما الإزاحة الأفقية فبلغت (3,7 مترا) ،وذلك نتيجة الضخ المكثف للنفط من هذه المنطقة، اذ قدرت خسائر الهبوط فى المعدات والإنشاءات فى هذه المنطقة بحوالي مئة مليون دولار .

وقد عولجت ظاهرة الهبوط تلك وتم إيقافها بواسطة حقن المياه المالحة فى المصائد أو الخزانات النفطية ،وقد لوحظ أن هناك ارتفاع لسطح الأرض فى بعض المناطق التي حقنت بمعدلات كبيرة.

ثالثا- اثار المياه الجوفية غير المباشرة

1-تكون ظاهرة الكارست (تعرية وتجوية المياه الجوفية)

تؤثر المياه الباطنية على التكوينات تحت السطحية(الطبقات الصخرية) ميكانيكيا وكيميائيا، فيترتب على ذلك عمليات انزلاق وهبوط تعمل على أضعاف تماسكها، وقد ينتج عن عمل تلك المياه تكون مجاري مائية باطنية والتي تتوسع بمرور الزمن لنشاط عمليات التعرية والتجوية وخاصة الكيميائية عندما يتحول الماء الباطني الى حامض مخفف لذوبان بعض الأكسيد فيه مثل حامض والكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني أو كسيد الكار بون في الماء [Co_2+ $H_2o= H_2Co_3$] والذي يتفاعل مع الصخور الجيرية (كربونات الكالسيوم) فتتحول الى مادة ذائبة هي بيكاربونات الكالسيوم [$H_2Co_3+ Caco_2= CaH_3(Co_3)_2$] وقد تنتقل المواد الذائبة مع الماء المتحرك وتترسب في الفواصل والشقوق أو تخرج مع مياه الينابيع, وينتج عن عمل المياه الجوفية تكون كهوف مختلفة الأبعاد واوسعها التي تظهر في الصخور الجيرية وحسب امتداد الطبقات الصخرية، ففي مناطق الامتداد الأفقي الكهوف واسعة ومنخفضة وفي منا طق الامتداد الرأسي آو العمودي الكهوف ضيقة ومرتفعة،أي آن عمليات التعرية والتجوية تتركز في الفواصل والشقوق التي تتضمنها الطبقات والتي تتخذ اتجاهات أفقية آو عمودية فتحدد الشكل العام للكهف،وتوجد الاشكال الكارستية بانواع مختلفة بعضها بارز فوق سطح الارض على شكل حفر مخروطية او طولية او حفر صغيرة غائرة، الاشكال (3-18) مجموعة صور للحفر الكارستية والتي تمثل الدايولينDiwlen والسنك هولSinkhole اوالحفر الغائرة.







وتتطور الكهوف في المناطق الرطبة بسرعة اكبر مما في المناطق الجافة ، وعليه أن ما تتضمنه المناطق الجافة من كهوف لا يعود الى الوقت الحاضر بل الى العصور المطيرة والجليدية(عصر البلايستوسين)،وللكهوف اثر كبير في حياة الانسان ونشاطاته في الماضي والحاضر، إذ كانت تمثل الملجأ الأمن لسكن الانسان في العصور القديمة لحمايته من الظروف المناخية والحيوانات المفترسة، اما في الوقت الحاضر فأنها تعد من مصادر النترات التي تستخدم في صناعة المفرقعات والأسمدة الكيميائية وهي من فضلات الطيور التي تحتمي في تلك الكهوف.

كما تعد من المواقع السياحية المهمة في مناطق عدة من العالم مثل لبنان،حيث توجد مغارة جعيتا، وفي ولاية كنتكي الأمريكية كهف ماموث والذي كان سببا في أنشاء منتزه قومي في تلك المنطقة مساحته 240كم^2 ، ويتكون الكهف من خمس مستويات يصل عمقها الى 110م, ويجري في المستوى الأخير منه نهر باطني يسمى Echo والذي يصب بعد خروجه من الكهف في نهر جرين أحد روافد نهر اوهايو، ويصل امتداد ممرات هذا الكهف عدة كيلومترات يتراوح ارتفاعها مابين 1و30م.

وتنتشر الكهوف أيضا في الدول الأوربية مثل سويسرا وفرنسا والنمسا ويوغسلافيا.

وتستخدم الكهوف في بعض الأحيان كملاجئ للوقاية من الحروب الذرية او كمخابئ سرية لاخفاء بعض الأمور او المواد التي تود بعض الدول إخفاءها.

وقد تتعرض بعض الكهوف الى الانهيار فينتج عنها جسور طبيعية كما حدث في فرجينيا.[13]

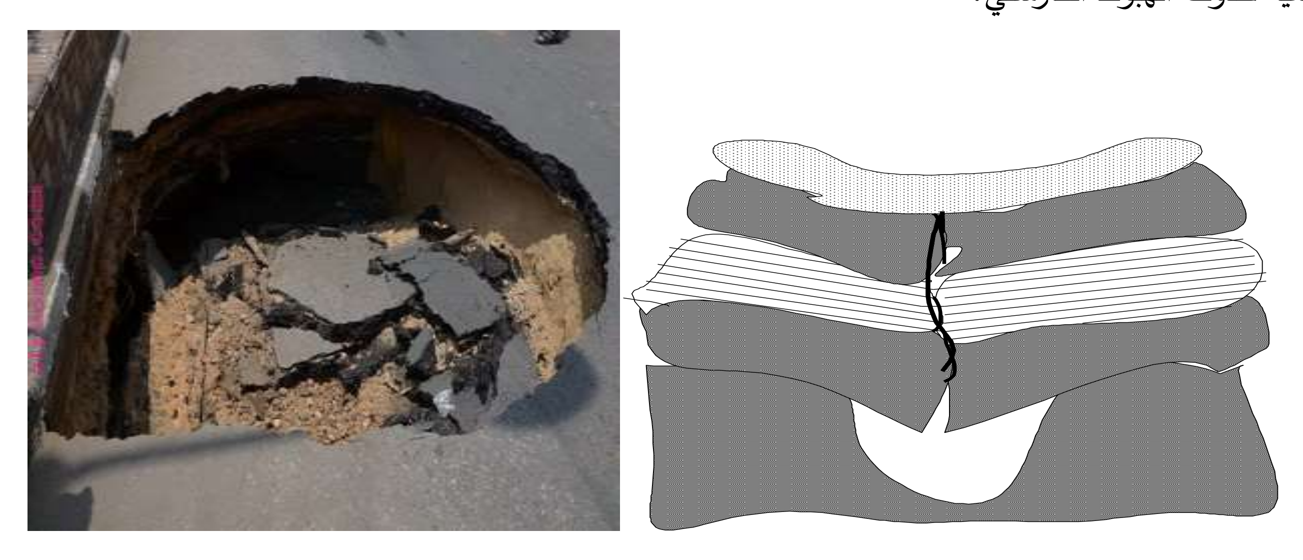
ومن المظاهر الناتجة عن المياه الجوفية الحفر البالوعية التي يتكون بعضها بشكل تدريجي وبطيء فتكون قليلة العمق وذات جوانب متوسطة الانحدار، والبعض يتكون بشكل سريع فتكون ذات جوانب شديدة الانحدار وعميقة وواسعة ومعظمها يوجد تحت سطح الارض, لذا تتعرض الطبقات الرقيقة التي تغطيها الى الانخساف او الهبوط فينتج عنها أضرار مختلفة وهذا ما حدث في حديقة ونتر بولاية فلوريدا عام 1981 والذي تسبب في هدم منزل وحوض سباحة

المدينة وعدد من السيارات الواقفة بالقرب منه، ولم تكن الأولى من نوعها في تلك المنطقة بل البالوعة الثالثة خلال أسبوعين، ويعتقد البعض أن سببها انخفاض منسوب المياه الجوفية التي كانت ترتكز عليها ،ويتميز نظام صرف المياه في المناطق البالوعية بعدم وجود نظام صرف سطحي بل تنصرف المياه نحو البالوعات.(14)

ومن المشاكل الأخرى الناتجة عن المياه الجوفية هو عند سحب كميات كبيرة من تلك المياه المتواجدة في طبقات سميكة من الرواسب غير المتماسكة فيؤدي سحب المياه الى ترك فراغات خلال تلك الرواسب فتتحرك نحو الأسفل فيحث انخساف في تلك المواضع,وهذا ما حدث بمنطقة

سان جوان في كاليفورنيا حيث تسبب سحب المياه الى مستوى 30م انخساف الى حوالي 3م, وكذلك ما حدث في المكسيك فقد حفرت عدة أبار في منطقة كانت بحيرة قديمة فادى ذلك الى هبوط الارض في بعض المواضع مابين 6و7 م والذي أدى الى هبوط بعض العمارات بحيث انطمر الدور الاول وتحول مدخلها الى الدور الثاني.(9)

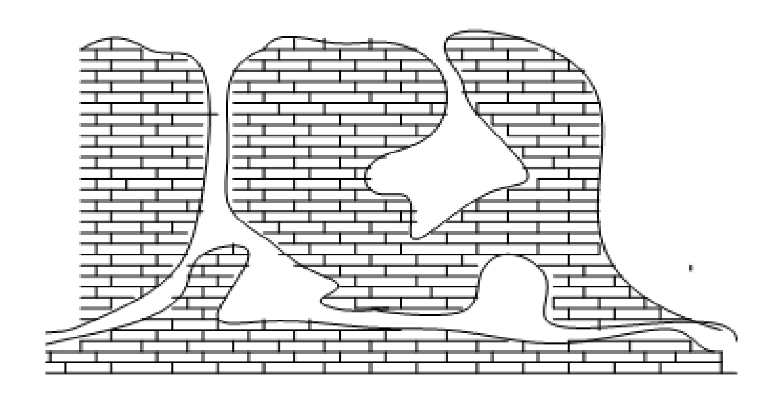
وقد تكون الفجوات الكارستية التي تتضمنها الصخور الجيرية على عمق بضع أمتار ولايمكن التعرف عليها ألا بدراسة متعمقة للموضع, ويحدث في بعض الأحيان كسر في الطبقات الواقعة فوق تلك الفجوة والذي يكون غير واضح في الطبقات السطحية, فعند إقامة أبنية فوق تلك المواضع سيؤدي ذلك الى زيادة الضغط على منطقة الضعف فتهبط الطبقة المكسورة نحو الأسفل والتي تؤدي الى تدمير البناء المقام فوقها, شكل (3-19) صورة ومخطط يوضحان كيفية حدوث الهبوط الكارستي.



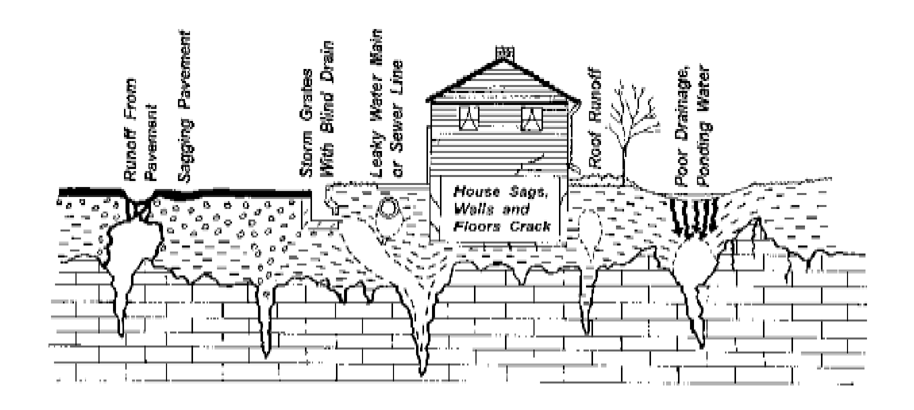
وهذا ما حدث في أرمينيا عام 1939 عندما كان أحد الفلاحين يقود جراره فوق إحدى الفجوات فهبطت به الى عمق 52م, وعليه تحتاج مناطق الصخور الجيرية الى دراسة مستفيضة لأنها تكون صلبة في مظهرها ألا أنها متآكلة من داخلها.(15)

ومن نتائج عمل المياه الجوفية توسيع الفواصل والشقوق الصخرية تدريجيا فتحولها الى ممرات تختلف في سعتها من مكان لاخر, وبعضها مفتوحة الى الخارج وأخرى مغلقة في الأعماق, اذ تنتقل المياه عبر تلك الممرات فتتوسع المناطق

ذات التكوينات الضعيفة مكونة فجوات كبيرة تربط بينها ممرات ضيقة، شكل (3−20)مخطط يبين الممرات التي تعملها المياه الجوفية.



وقد تستمر تلك الممرات في امتدادها الى المسطحات المائية القريبة كالبحار او الى مجاري الأنهار، أو تستمر المياه في الغور اسفل الأبنية فتعمل على إذابة الطبقات التي ترتكز عليها أسس الأبنية فتؤدي الى هبوطها كليا أو جزئيا، فتعمل على تدمير الأبنية، اذ تظهر في الجهات الهابطة شقوق تكون كبيرة إذا كان الهبوط واسعا وعميقا، شكل (3−21) مخطط يبين هبوط مبنى.



وقد يظهر هبوط الارض بسبب \وبان الطبقات تحت السطحية بشكل واضح على شكل حوض منخفض عما يحيط به من الارض،والذي تتجمع فيه مياه الامطار او الجوفية،شكل(3−22)صورة لحوض كارستي.



2-المياه الجوفية وتكون السبخات:

ينتج عن اتفاع مناسيب المياه الجوفية انواع من السبخات منها ما يلي:

أ-سبخات ناتجة عن قرب المياه الجوفية من سطح الارض، تظهر بشكل ضحل عند ارتفاع مناسيب مياه الانهار،فينتج عنها ظهور املاح ومعادن على سطح الارض فيتغير شكله الى كبريتية تميل الى اللون الاسمر، فتكون التربة هشة لاتتحمل ثقل فوقها ،شكل(3-23) صور لانواع الترب السبخة.





ب-تتكون بعض السبخات بشكل واضح في الاراضي الزراعية التي تترك بدون زراعة فترة من الزمن،وترتفع فيها مناسيب المياه قرب سطح الارض ولكن لم تظهر فوقه،فتكون التربة هشة يغلب عليها لون البياض بسبب كثرة الاملاح،كما تتخللها بعض الشجيرات التي تتحمل الملوحة، وتؤثر فيها الامطار فتتحول الى وحل هش يصعب المرور عبرها ،شكل(3-24) صور للسبخات.



ت-تظهر السبخات في المناطق الصحراوية في المنخفضات الصحراوية التي تتجمع فيها مياه الامطار حاملة معها رواسب واملاح مختلفة تكون هشة وغير متماسكة، وقد تكون تلك المناطق منخفضة الى حد ترتفع فيه مناسيب المياه الجوفية الى مستوى قريب من سطح الارض،فتتجمع المواد الملحية على شكل طبقة رقيقة تنفصل عن الطبقة التي تليها عند انخفاض مناسيب المياه الجوفية وارتفاع درجة الحرارة التي تعمل على جفاف تلك الطبقة وانكماشها فتظهر الارض وكأنها محروثة،اذ ويرتفع جزء منها بشكل بارز فيظهر سطحها متضرس، ،وتعد تلك المناطق ضعيفة التحمل يصعب مد الطرق فوقها الا بعد معالجات مكلفة، شكل (3-25) صور لارض سبخة.

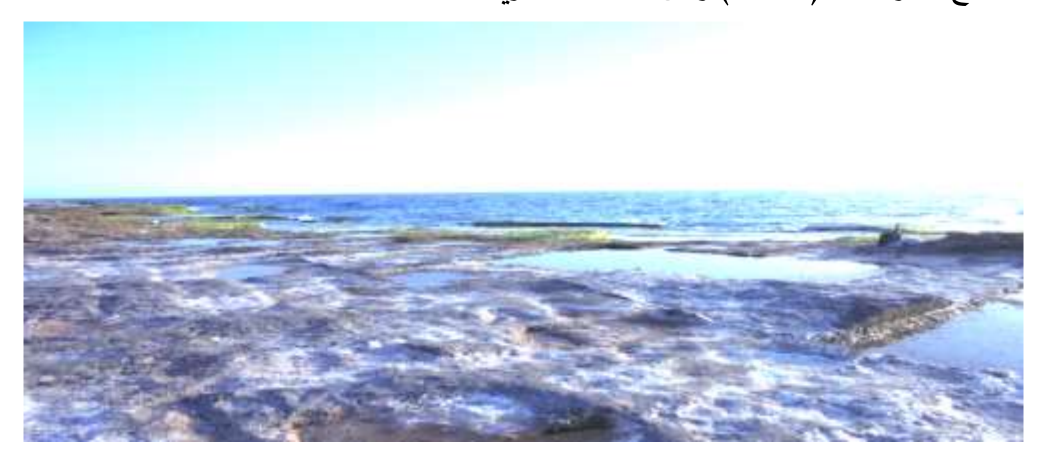


ث-سبخات ملحية بيضاء،ينتشر هذا النوع في المناطق المنخفضة القريبة من انهار اوبحار او بحيرات،وتتميز تلك المناطق باحتواءها على صخور ملحية،التي تسهم في انتشار تلك الاملاح على السطح بسمك كبير يتراوح مابين سم و50 سم،لذا يتم استغلالها في جمع الاملاح وبيعها،وقد تكون تك الطبقات جافة،شكل(3-26)صورة للسبخة البضاء.



ج-السبخات التي تظهر قرب سواحل البحار والمحيطات:

تظهر بمحاذات شواطيء البحار والمحيطات المنخفضة سبخات بمساحات كبيرة،بسبب توغل المياه الجوفية الى تلك المناطق فتكون قريبة من السطح او تغمره كليا او جزئيا،وتعد تلك المناطق غير صالحة للعمران الا بعد معالجتها،وقد تتطلب المعالجة مبالغ كبيرة،شكل(3-27)ارض سبخات بحرية.



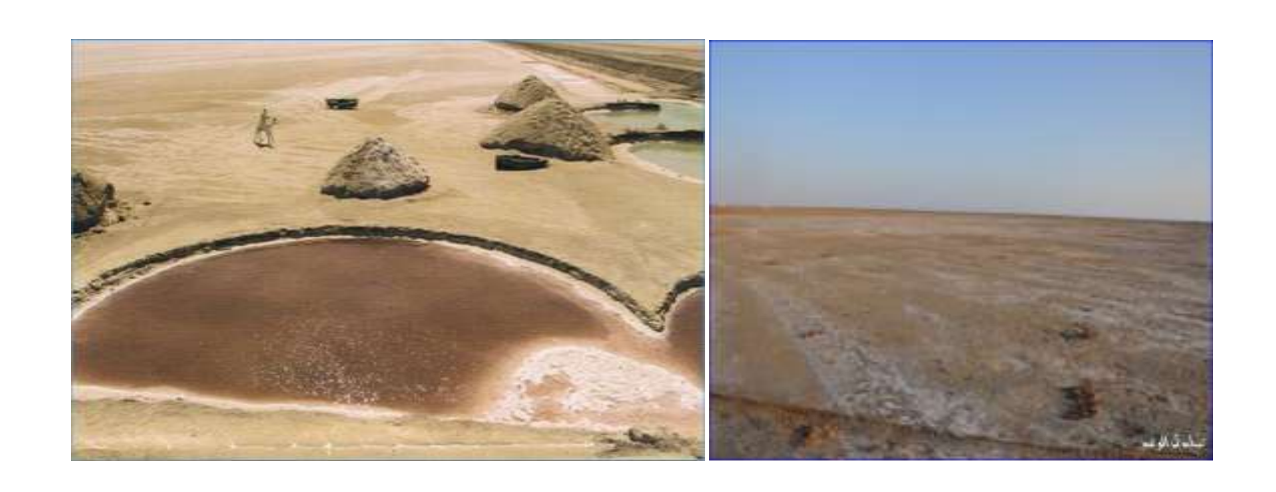
ح- سبخات حوضية ملحية:

يتميز هذا النوع عن غيره يكون على شكل حوض واسع تغمره المياه الضحلة والتي تتضمن طبقة ملحية سميكة يتم استغلالها لجمع الاملاح للاغراض التجارية،شكل(3-28) سبخات حوضية.



خ-السبخات في المناطق الانتقالية بين الصحراء والسهل الفيضي:

تنتشر السبخات في المناطق التي تنتهي فيها انحدار المناطق الصحراوية نحو اودية الانهار،بسبب انحدار مياه الامطار الجوفية والسطحية نحو تلك المناطق،فتظهر الارض في شكل ارض منبسطة تعلوها طبقة ترابية هشة تتخللها طبقات ملحية بيضاء،والتي تكون ضعيفة التحمل،وتتحول الى طينية عند تساقط الامطار،شكل(3-29)صور للسبخات الانتقالية



3-المياه الجوفية وتميع التربة:

وإن المناطق التي كانت فيما مضى مسالك مائية أو مستنقعات أو بحيرات أو مناطق مستصلحة بطريقة الغمر المائي تتصف بارتفاع احتمال تعرضها لهذه الظاهرة، ولا يوجد حل تصميمي فعال لمثل هذه الحالة، والاحتياط الوحيد هو من خلال معرفة جيولوجية المنطقة والضرر التاريخي الناتج عن زلازل سابقة في المنطقة، الشكل (3-30) صورتان توضحان انقلاب ابنية بسبب تميع التربة.



وقد استخدمت الدول المتقدمة تكنولوجيا وتقنيات متطورة في البناء تناسب طبيعة المكان وتقاوم الزلازل, مثل اليابان والولايات المتحدة الأمريكية.[16]

4-مخاطر السبخات

تعد السبخات ذات مخاطر كبيرة على البيئة الطبيعية وعلى النشاط البشري بانواعه الزراعي والصناعي والعمراني،وبطرق مختلفة حسب نوع تلك السبخات،وفيما يلي اهم تلك المخاطر :

أ-مخاطر التجوية الملحية:

تتعرض الاملاح المتراكمة على سطح ارض السبخات الى عمليات التجوية والميكانيكية والكيمياوية،اذ تقوم الرياح بتذرية تلك الاملاح سواء كانت كبريتات الصوديوم او او كاربونات ونترات الصوديوم اوكبريتات المغنيسيوم ،فتتحول

الى غبار ملحي تنقله الرياح من مكان لاخر ،فتتساقط على الارض الزراعية وعلى اسطح وواجهات الابنية وفوق الطرق،فتستقر في الفتحات والشقوق التي تتضمنها مواضع التساقط،فينشط عملها في التجوية على نطاق واسع،وقد تظهر اثارها على شكل بقع محلية وتقشر لونها مابين الرمادي والسواد،كما يظهر في اساسات الابنية ومواد طلاء الجدران،ومن اثار التجوية على الابنية والطرق ما يلي:

1–تعرض اساسات الابنية الى التاكل،وصدا حديد التسليح،وتساقط الغطاء السمنتي الذي يغطي شبكة حديد التسليح،ويزداد نشاط تلك الظاهرة مع ارتفاع مناسيب المياه الجوفية الى مستوى تغطي ارضية المبنى،اذ تعمل على تدمير تلك الارضيات،وتدمير الغطاء السمنتي لحلائط الملامس للارض،شكل(3–31) صور لاثار السبخات على اسس الابنية.





2–نمو البلورات الملحية في الفراغات والشقوق التي تستقر فيها ضمن الابنية،فيؤدي ذلك الى احداث طاقة هائلة،والتي تسبب في احداث شقوق وتصدع في المبنى.

3–تعرض اعمدة الانارة والابواب والنوافذ الحديدية الى الصدأ في المناطق التي تلامس المياه المالحة.

ب–تغير الوان الطلاء وتساقطه في المواضع التي تتعرض الى رياح رطبة مالحة،الشكل(3–32)صورة تبين تاثير الاملاح على طلاء الابنية.



ت-تتعرض الطرق التي تقع في مهب الرياح القادمة من ارض السبخات الى مشاكل بسبب تساقط كميات من الاملاح فوق الطريق فتستقر بالفتحات والشقوق التي تتضمنها الطرق،وعند تعرضها الى الامطار او الرش تذوب تلك الاملاح وتتفاعل مع الجير فتعمل على تفككه فتحدث حفر في الطريق،الشكل (3-33).



ح-تعمل الاملاح على تاكل انابيب الماء التي تمر عبر الاراضي السبخة،سواء كانت فوق سطح الارض او تحته،لذا تسبب مشاكل كبيرة في مد انابيب شبكة توزيع المياه.

2-مخاطر هبوط ارض السبخة:

تتعرض تربة السبخات الى الهبوط بسبب تباين قابلية تلك الترب للانضغاط،اذ تتكون من طبقات متماسكة واخرى غير متماسكة،فيحدث هبوط اكبر في الترب غير المتماسكة،كما يؤدي تشبع تلك الترب بالماء الى اذابة الاملاح التي تتضمنها التربة واذابة المواد الاصقة مما يؤدي الى اضعاف مقاومتها وتماسكها،لذلك تتعرض ترب الاراضي السبخة الى الهبوط عند اقامة الابنية او مد الطرق عبرها،والتي تمر فوقها سيارات حمل ثقيلة تؤدي الى هبوط الطريق.

تعد مدينة هيت في محافظة الانبار من المدن التي تعاني من ظاهرة السبخات في جنوب وجنوب غرب المدينة ،بسبب ارتفاع مناسيب المياه الجوفية،وعند زحف عمران المدينة نحوها واجه مشاكل كثيرة.

مصادر الفصل الثالث

1- فرح فاهم السرحان،تأثير الرطوبة على المبانى و طريقة عزل الرطوبة و مواد العزل المستخدمة،بحث منشور على موقع جامعة بابل، 2011.

2-د.خلف حسين الدليمي،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص341 .

3- كيف تنشأ الاعاصير ،تقرير منشور على موقع الانترنت،.https://www.mada.org .

4-د.خلف حسين علي الدليمي،الكواريث الطبيعية والحد من اثارها،ط1،دار صفاءللنشر ،الاردن،عمان،2009،ص166-167.

5- علي البلهاسي، اعصار مايكل ،تقرير منشور علىي الموقع الاليكترون https://arabradio.us/reports.

6-اعصار جونو،تقرير منشور على موقع جريدة اخبار الخليج،-http://www.msn.com/tr

7-- عبد الإله رز وقي كربل ؛ علم الأشكال الأرضية, الجيومورفولوجيا؛ مصدر سابق ص 235.

8- إدوارد جي. تاربوك وفر يدريك ك. لوتجنز؛ الأرض, مقدمة للجيولوجيا الطبيعية, مصدر سابق ص285.

9- المصدر السابق, ص 275.

10- د. محي الدين بنانة؛ الجيوهندسية التطبيقية, مصدر سابق,ص169

الفصل الرابع–التربة وتخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الاول–تعريف التربة وخصائصها

المبحث الثاني– الترب الصالحة لاقامة العمران

المبحث الثالث– هبوط التربة واثرها على المشاريع الهندسية

المبحث الرابع–مشاكل التربة حسب مكوناتها وخصائصها

المبحث الخامس–الترب الصحراوية ومشاكلها

المبحث السادس– مشاكل التربة حسب المكونات

المبحث السابع– اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران

المبحث الاول–تعريف التربة وخصائصها

اولا–تعريف التربة

تعني التربة الطبقة الهشة التي تغطي معظم سطح اليابس وبسمك متباين من مكان لاخر، ويتراوح مابين اقل من سم وعدة أمتار، وتتكون من مواد وعناصرومعادن مختلفة، ناتجة عن تفتت الصخور وعناصر عضوية ناتجة عن تحلل البقايا النباتية والحيوانية،ومواد منقولة بواسطة الماء والهواء.

وتعود التربة في تكوينها الى مصدرين رئيسيين وهي:

1– تربة منقولة ناتجة عن عمليات التعرية والتجوية ونقلتها المياه والرياح والثلوج ورسبتها في مكان آخر، لذا لاتشبه مثل تلك التربة في تركيبها المعدني التكوينات التي ترسبت فوقها، لهذا السبب تسمى في بعض الأحيان بالتربة الغريبة.

2– التربة المتبقية فهو ناتج عن تجوية وتفتت الصخور وبقاء تلك المفتتات في مكانها، لذلك تشبه في تركيبها المعدني الصخور التي ترتكز عليها.

وتتكون التربة من ثلاثة انواع رئيسة من الحبيبات وهي الرملية والغرينية والطينية،فضلا عن الانواع الاخرى الناتجة من تفتت الصخور ،شكل(4–1) نماذج من انواع الترب



ثانيا- خصائص التربة الفيزيائية:

1- نسيج التربة:

يعني نسيج التربة طبيعة ترتيب حبيبات التربة التي تختلف من مكان لاخر اعتمادا على حجم وشكل تلك الحبيبات، والتي تتكون من الرمل او الغرين او الطين،والحصى ومفتتات الصخور الخشنة والناعمة، إي تكون التربة عبارة عن خليط من تلك المفصولات وبنسب متفاوتة ولهذا تتخذ التربة تسميات مختلفة حسب نسب تلك التكوينات او المفصولات والتي تتباين في أحجامها كما في الجدول رقم (4-1).[1]

نوع المادة		حجم المادة بالملم
كتل حجرية كبيرة		اكثر من 200
جلاميد		200 ----60
حصى	خشن	60 ---20
	متوسط	20 ---6
	ناعم	6---2
رمل	خشن	2---0,6
	متوسط	0,6 —0,2
	ناعم	0,2—0,06
غرين	خشن	0,06 --0,02
	متوسط	0,02 — 0,006

0,006— 0,002	ناعم	
اقل من 0,002	طين	

F.G. Bell, Engineering Properties of Soils and Rocks, Britain 1992 P.4

وقد تكون التربة ذات نسيج ناعم او خشن حسب حجم المفصولات.

2- مسامية التربة:

تعني المسامية ما تتضمنه التربة من فراغات بأشكال متباينة حسب حجم وشكل الحبيبات التي تتكون منها التربة، اذ تكون عالية في الترب التي تكون حبيباتها دائرية ومتماثلة في الحجم، في حين تكون واطئة في التربة ذات الحبيبات المختلفة الشكل والحجم،أي تمثل المسامية مجموع حجم الفراغان الهوائية التي توجد في التربة، فعلى سبيل المثال عينة من التربة حجمها 100سم^3 تتكون من 60سم^3 مواد صلبة و40سم^3 فراغات هوائية، والتي تمثل 40% من حجم العينة.

وتختلف المسامية من حيث المقدار والحجم باختلاف نوع التربة،اذ تكون التربة الرملية اقل مقدارا في المسامية من التربة الطينية، الا ان حجم المسامات اكبر مما في الطينية، لذا تكون نفاذية الرملية أعلى من الطينية .[2]

كما تكون التربة العضوية عالية المسامية وتصل الى اكثرمن 70% ،ويعتمد ذلك على ما تحتويه التربة من مواد عضوية، اذ تزداد المسامية بزيادة نسبتها، وتتباين المسامية في التربة الطينية والغرينية حسب طبيعة ترسيبها وما تتعرض له من ضغط, وعلى العموم تقل بالاتجاه نحو العمق لزيادة الضغط على الطبقات السفلى لذا يزداد تماسكها اكثر من العليا.

والمسامية على نوعين شعرية وغير شعرية، الشعرية تكون دقيقة جدا لذا تكون ضعيفة النفاذية، اما غير الشعرية تكون أوسع وتتمثل بما تتضمنه التربة من حفر وشقوق لاعلاقة لها بطبيعة تكوين التربة، والتي تجعل التربة عالية النفاذية.

وتقاس نسبة المسامية من خلال العلاقة مع حجم العينة وفق المعادلة الآتية:

$$\text{م} = \frac{\text{ع}}{\text{ح}} \times \mathbf{100}$$

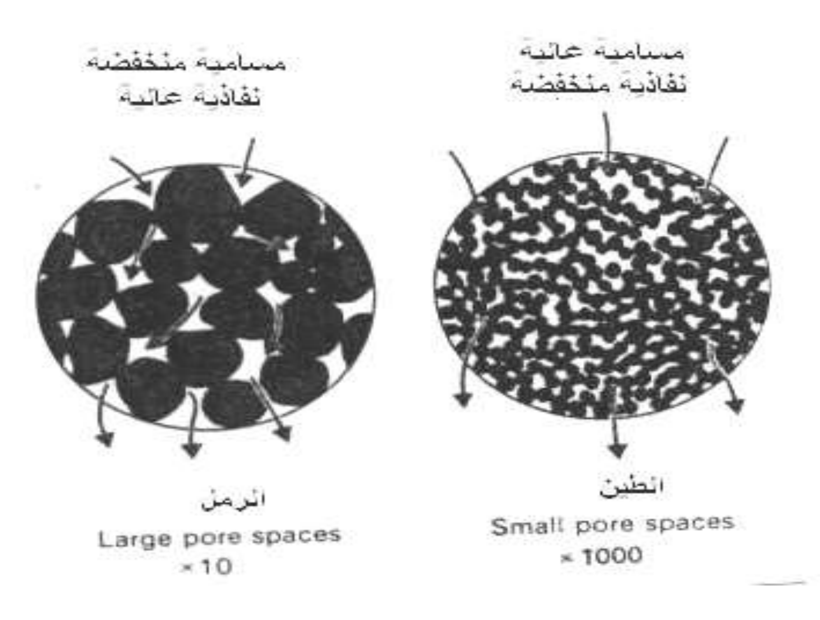
ع. حجم المسامات

ح. حجم العينة

ويمكن قياس حجم او مقدار المسامية في عينة التربة بعدة طرق ومن ابسطها أخذ وعاءين من نوع واحد أي متساويين في الحجم وتوضع فيهما عينات متساوية من التربة أحدهما تبقى جافة والأخرى يضاف لها ماء حتى تتشبع تماما بحيث تمتلاء جميع الفراغان التي تتضمنها تلك العينة، ثم توزن العينتان الجافة والرطبة، فتكون الأخيرة اكبر وزنا من الجافة ويمثل الفرق في الوزن بينها حجم المسامية،مثال وزن العينة وهي جافة 250غم،وهي مشبعة بالماء 370غم،فيكون حجم المسامية 120غم.

3- النفاذية:

تعني النفاذية قابلية الماء على الحركة خلال مسامات التربة، والتي تختلف من تربة لأخرى، اذ لا تعتمد تلك الحركة على المسامية فقط، بل تعتمدعلى احجام وأشكال الفراغات وكمية المياه المارة فيها، فعلى سبيل المثال التربة الطينية اكثر مسامية من الرملية الا ان الرملية اكثر نفاذية من الطينية لكبر حجم مساماتها،والتي تسمح للماء بالتحرك خلالها بسرعة، في حين تعرقل المسامات الصغيرة حركة الماء لما ينتج عن ذلك من احتكاك بالحبيبات وكثرة المسامات التي يمر خلالها للانتقال من مكان لاخر، وهذا ما موضح في شكل (4- 2) صور لنفاذية الترب الطينية والرملية.



وتصنف الترب على أساس النفاذية حسب سرعة الماء خلالها، فتكون عالية النفاذية اذا كانت سرعة الماء 25 سم فاكثر في الساعة، ومتوسطة النفاذية اذا كانت سرعة الماء مابين 6- 12 سم/ ساعة، وضعيفة النفاذية اقل من ذلك.[3] ويمكن ملاحظة التباين في النفاذية من الجدول رقم (4 -2).

اسم المادة	معدل النفاذية م/ يوم
الغرين	اقل من 0,05

الطين	0,5 —0,05
الرمل الطيني	1 ---0,5
الرمل الناعم	5 - 1
الرمل المتوسط	20 --- 5
الرمل الخشن	50 ---20
الحصى	150—50
الجلاميد	1000 ---100

وتقاس نفاذية التربة بعدة طرق حسابية ومختبريه وحقلية,وتعد الأخيرة افضل من غيرها لانها توضح النفاذية بحالتها الطبيعية دون تشويه، ومن خلال حفر أبار على أبعاد متساوية ويتوسطها بئر رئيسي، فعند ضخ المياه منه تتحرك المياه من الآبار الجانبية نحوه ويستغرق ذلك زمن معين حسب طبيعة التكوينات التي يمر بها الماء، اذ يستغرق زمن قصير في التكوينات ذات النفاذية العالية وزمن طويل اذا كانت قليلة النفاذية.[4]

ويعد ذلك مؤشرا على مدى تماسك التربة حسب نوع الحبيبات المكونة لها، والمواد اللاصقة التي تسمى في بعض الأحيان بالغرويات او المواد الأسمنتية التي تعمل على جمع الحبيبات، وهي على نوعين عضوية ومعدنية، ولذلك يكون بناء التربة في المناطق الشبه الجافة وشبه الرطبة جيدا، لاحتواء التربة على مواد عضوية ومعدنية،في حين تكون مرتفعة في المناطق الرطبة ومنخفضة في المناطق الصحراوية فتقل جودة التربة.

وللمسامية وللنفاذية أهمية كبيرة في الانشطة المختلفة،اذ تعد ذات أهمية كبيرة بالنسبة للزراعة، في حين تمثل كثرتها مشكلة بالنسبة للمشاريع العمرانية لما يترتب عليها من مشاكل سيتم تناولها في فصول لاحقة.

4- انكماش التربة:

تحدث هذه الظاهرة في التربة الرطبة عندما تفقد رطوبتها، اذ تتعرض حبيبات التربة لقوى الضغط الناتجة عن الشد السطحي للمياه المتواجدة في المسامات، اذ يؤدي خروج تلك المياه من بين حبيبات التربة الى ترك فراغات لقلة تماسك الحبيبات الموجودة حولها، لذا تتحرك نحوها لتحل محل الماء وتسد تلك الفراغات، فيترتب على ذلك قلة سمك التربة وزيادة تماسكها، ومن ثم زيادة صلابتها، عندما تجف ويتغير لونها من الغامق الى الفاتح.[5]

وقد تتعرض بعض الترب الطينية في كثير من الأحيان الى التشقق فتتحول الى كتل مستقلة عن بعضها، شكل (4-3) صورتان لنماذج ن التربة المتشققة، وتعد التربة الطينية الصفيحية من اكثر انواع الترب تعرضا لتلك الظاهرة، والتي تسبب مشاكل عند استغلالها في تخطيط المشاريع الهندسية.



ثالثا-الخصائص الكيميائية للتربة:

1- حامضية التربة:

تعني حامضية التربة مدى احتوائها على أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد [PH]، اذ تكون التربة حامضية او متعادلة أو قلوية اعتمادا على نسبة الهيدروجين، والتي تعود الى نوع الصخور التي اشتقت منها التربة وما تحتويه من رطوبة وطبيعة تركيبها الكيميائي،اذ تكون التربة حامضية اذا كانت درجة [PH] مابين 4— 6،5 ومتعادلة عندما تكون مابين 6،6-- 7،3 وقلوية او قاعدية ما بين 7،4 --10، أي تكون التربة حامضية اذا ازدادت نسبة أيونات الهيدروجين على أيونات الهيدروكسيد، وتكون قاعدية اذا حدث العكس.

وتعد حامضية التربة او قلويتها ذات أهمية كبيرة في إنتاجية التربة، اذ تكون التربة المتعادلة افضل أنواعها ثم تليها القلوية او القاعدية، في حين تعد الحامضية اقل أهمية لذا تقوم الدول المهتمة بالزراعة بإضافة تربة جيرية الى الحامضية لرفع درجة قلويتها.

ومن الجدير بالذكر ان حموضة التربة تختلف من مكان لاخر ضمن المزرعة الواحدة، لذا يفضل قياس عدة موا ضع في المزرعة الواحدة بواسطة جهاز مصمم لهذا الغرض ويسمى جهاز[PH].

2-ملوحة التربة:

تحتوي التربة على أملاح بنسب متفاوتة مثل كوريد الصوديوم والكالسيوم وكبريتاتها وبيكاربوناتها، اذ تؤدي زيادة نسبة الملوحة في التربة الى انخفاض إنتاجيتها، وتنتشر هذه الظاهرة في اغلب الأحيان في المناطق الحارة والجافة نتيجة لتبخر المياه وبقاء الأملاح على السطح، فيصبح لونها مائل الى البياض،شكل (4-4) صور لارض مالحة لونها ابيض.



كما ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في التربة ارتفاع نسبة الأملاح، وذلك لاذابة ألاملاح الموجودة في الطبقات تحت السطحية ونقلها الى السطح، ويحدث ذلك في المناطق الواقعة قرب مجاري الانهار ،والتي تحدث فيها فيضانات بحيث تكون مناسيب المياه أعلى من مستوى الأراضي المجاورة وخاصة السهول الفيضية، فتحدث ظاهرة النزيز باللغة العامية العراقية،أي تسرب المياه من النهر الى الاراضي المجاورة عن طريق مسامات التربة، لذا يكون تأثير هذه الظاهرة كبيرا في المناطق التي تكون نفاذية التربة فيها كبيرة، وتؤدي الى تغير لون التربة حسب نوع الأملاح، وعلى العموم يكون اللون غامق لاختلاف المكونات وعدم اقتصارها على الأملاح فقط.

ويتم قياس ملوحة التربة بطريقة التوصيل الكهربائي[(Electric Conductivity (EC] اذ تكون التربة المالحة جيدة التوصيل للكهرباء، وتزداد درجة التوصيل بزيادة نسبة الملوحة، وتقاس بالمليموز/ سم، فإذا كانت القيمة كبيرة دلت على ان التربة عالية الملوحة، ويمكن ان تصنف الترب حسب درجة الملوحة .[6] جدول رقم(4-3)

نوع التربة حسب درجة الملوحة.

قيمة(EC) مليموز/سم	نوع التربة
2------ 4	تربه قليلة الملوحة
4----- 8	تربة متوسطة الملوحة
8----- 15	تربة عالية الملوحة

اكثر من15	تربة شديدة الملوحة

المبحث الثاني- الترب الصالحة لاقامة العمران:

اولا-علاقة خصائص التربة بالعمران

تختلف نوعية التربة من مكان لاخر حسب العوامل التي تساهم في تكوينها،وينعكس هذا التنوع على اقامة العمران فوق تلك التربة،اذ تختلف سلوكيتها من نوع لاخر عند استغلالها لاقامة المشاريع العمرانية.

فالتربة الفيضية من الترب التي تنقلها المياه الجارية وترسيبها في قاع مجرى النهر اوعلى الضفاف او فوق الاراضي المحيطة بالمجرى اوقات الفيضان،أي في وادي النهر مكونة السهول الفيضية او الرسوبية،وهي تختلف عن الترب الصحراوية في نسجتها وتركيبها المعدني.

اما الترب الطينية الصلبة فهي صالحة لإنشاء المشاريع الهندسية ولكن قليلة الأهمية في المجال الزراعي لعدم قدرة النبات على النمو فيها، وخاصة ذات الجذور الشعيرية وذلك لشدة تماسكها وقلة مساميتها.

ان اختيار التربة من المتطلبات الاساسية لاقامة الابنية قبل الشروع في عملية البناء،لا سيما التأكد من ثباتها على الأرض،بحيث تتحمل الأساسات التي تبنى في الأرض،وعلى عمق مناسب للبناء،والتي تتحمل حمولة المبنى فيما بعد. ففي البداية يجب التعرف على نوعية التربة للكشف عن طبيعتها وترتيب طبقاتها وسمكها،ليتم وفق الدراسة تحديد التربة التي توفر الشروط الأربعة(المتانة، التوازن، الثبات، الاستقرار)، ولمعرفة طبيعة التربة فأكثر الطرق ملائمة هي في موقع المبنى،اذ تأخذ منه عينات تجرى عليها تحاليل في المختبر، ومن ثم تصنف وتحفظ وتوضع النتائج في تقرير دراسة التربة،وعند توفر معطيات التربة ثم التحقق من خواصها بعد الكشف عن التربة بواسطة مثقاب ومعازل مخروطية،او باستخدام المجرفة،شكل(4-6).



أما في المنشات الكبيرة نحدد خصائص أخرى مثل معامل النفاذية والضغط الحبيبي ومميزات الاجهاد والتشوه وتاثيراتها في استقرار التربة وتوازنها وثبوتها.

وسيتم استعراض بعض انواع التربة ومشاكلها:

1–التربة الطفلية

تعد التربة الطفلية المتهم الرئيس وراء حدوث شروخ فى منازل عدة، وتتميز بتماسكها وقوتها، ومقاومتها العالية جداً فى حالتها الجافة، والتى قد يضطر معها المهندسون فى بعض الأحيان إلى استخدام معدات ميكانيكية خاصة عند حفرها، إلا أنها تفقد مقاومتها العالية عند تعرضها للمياه التى قد تصل إليها من رى الحدائق المحيطة،أومن الأمطار ،أو الصرف الصحى، ويزيد حجمها لتتحول إلى تربة طفلية انتفاخية بعد امتصاصها للمياه،شكل(4_7)تربة طفلية.



2–التربة الطينية الرطبة

تعد التربة الطينية من أسوأ أنواع الترب في للبناء، وذلك لكثرة مشاكلها، فهي تعرف بالتربة المنتفخة وذلك لكثيرة انتفاخها عند تشبعها بالماء،اما جفافها فيسبب انكماشها، وتسبب فى ظهور التشققات على السطح، وهذه الشقوق قد تصل الى20 سم او اكثر كلما اتجاهنا الى اعماق التربة،شكل(4–8) صورتان لتربة طينية رطبة وجافة.





3–التربة الرملية

تعد الأفضل وذلك لشدة تحميلها مقارنة بالطينية، وقدرة التحمل الأعلى نتيجة لزاوية الإحتكاك الأعلى بين الحبيبات، فضلًا عن أنها اسرع في الضغط ولا تتاثر بارتفاع وهبوط المياه الجوفية،الا انها تتميز بعدم تماسكها وصلابتها بصورتها الاعتيادية،شكل(4-9)تربة رملية.



4- الترب العضوية.

تعد التربة العضوية من الترب الضعيفة التماسك والصلابة، لذا يكون تنفيذ المشاريع الهندسية فوقها مكلف جداً، وقد تكون المعالجات غير مجديه فينتج عنها مخاطر كبيرة، خاصة أذا كانت تحت الطبقات السطحية،اذ تتعرض الى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف، فيؤدي ذلك الى تصدع وانهيار الأبنية والطرق.[7] وذلك نتيجة الهبوط المستمر تحت أي أحمال سطحية، نظراً لتصلبها وتحركها الجانبي اللدن الذي يساهم في هبوط التربة،او بفعل تحلل المواد العضوية، فان جزءا من حجم التربة يفقد فيحدث هبوط من جهة أخرى، ومثل تلك الترب لا يصلح البناء فوقها ويجب أزالتها واستبدالها بترب أفضل منها عند أقامه المشاريع الهندسية.

5-الترب المزيجية:

تعني الترب المزيجية انها تجمع بين انواع الترب الرملية والطينية والغرينية،وتعد التربة المزيجية من افضل انواع الترب للأغراض الزراعية، في حين تعد من الترب الرديئة بالنسبة للمشاريع الهندسية، لانها ضعيفة التحمل،وعكس ذلك الترب الطينية الصلبة او الكتيمة فهي صالحة لإنشاء المشاريع الهندسية ولكن قليلة الأهمية في المجال الزراعي، لعدم قدرة النبات على النمو فيها وخاصة ذات الجذور الشعيرية، وذلك لشدة تماسكها وقلة مساميتها، ولغرض استغلالها في المجال الزراعي يمكن تقليل صلابتها من خلال مزجها بالرمل أوسماد عضوي.

تفضل الترب الضحلة التي تقع تحتها طبقات صخرية لاقامة المشاريع الهندسية، لانها اكثر قدرة على تحمل ثقل المنشآت التي تقام فوقها،اما الترب المالحة فهي ذات مضار على الزراعة والأبنية والمنشآت المختلفة،وسيتم تناول ذلك في المواضيع اللاحقة.[8]

6- مناطق الطمر الصحي:

تعد مناطق الطمر الصحي غير ملائمة لاقامة العمران فوقها،وذلك لتعرض طبقات المواد المطمورة الى التحلل بمرور الزمن فيؤدي الى هبوط الارض ،ومن مشاكلها انتاج غاز من بعض المواد المتحللة وبحجم كبير ربما يولد ضغط شديد على الطبقات التي تعلوها فتتسبب في حدوث انفجار يؤثر على المنشأت المقامة فوقها،لذا يفضل استخدامها في استعمالات لا تتطلب ابنية كبيرة وثقيلة مثل الحدائق العامة.

المبحث الثالث- هبوط التربة واثرها على المشاريع الهندسية

اولا- اسباب هبوط المنشآت العمرانية:

ان هبوط المباني له اسباب متعددة منها مايلي:

1-التغيرات الحجمية التي تحدث في التربة الموجودة تحت المبنى نتيجة انضغاط التربة،و يكون اساسا نتيجة تقارب جزئيات التربة، لذا فان التربة ذات الجزئيات الكبيرة مثل التربة الرملية والتي يتراوح قطر جزئيتها بين 2 مم للرمل الخشن حتى 0.2 مم للرمل الناعم وتصل الى 0.06 مم للأكثر نعومة،فيحدث انضغاطا في وقت اسرع من التربة الطينية التي يكون قطر جزئيتها أقل من 0.002 مم ، لذا يستغرق هبوط المباني المقامة على الأرض الطينية وقت أطول من هبوطها على الأرض الرملية.

2-تأثير الأحمال الثابته مثل تلك الاحمال الناتجة عن المبنى نفسه.

3- تغير نسبة الرطوبة في التربة، وعلى سبيل المثال يتضح اختلاف نسبة الرطوبة نتيجة ارتفاع وانخفاض منسوب المياه الجوفية، أو اختلاف منسوب مياه الرشح، أو تغير نسبة الرطوبة نتيجة امتصاص المياه في التربة بواسطة جذور النباتات والاشجار.

4- تأثير الاحمال الديناميكية كتلك الناتجة عن وجود ماكينات خاصة الارتكاز، اذا كان موقعها زحف قريبا من نقطة ارتكاز المبنى.

5- وجود أعمال حفر بجوار المبنى، مما يسب فقدان دعامات خاصة الارتكاز بسبب زحف التربة أوتسربها .

6-تأثير الاهتزازات خاصة في التربة ذات الحبيبات السائبة، كتلك الناتجة عن حركة المرور الثقيل أوالسريع.

7- تحلل الاساس نتيجة وجود مواد عضوية او املاح مذابة في التربة بنسب عالية.

8- تحلل التربة أسفل المبنى.

ثانيا-انواع الهبوط حسب نوع التربة

1- هبوط التربة الطينية:

توجد ثلاثة انواع من هبوط التربة الطينية:

أ-الهبوط المباشر ،وهو الهبوط الذي لا ينتج عنه خروج ماء من التربة،وهذا يحدث بعد التحميل مباشرة عند انشاء المبنى.

ب- هبوط الانضغاط، ينشأ هذا الهبوط نتيجة تصريف الماء تحت الضغط، وهو مرتبط بالوقت، ويعد اكبر هبوط يتعرض له الاساس.

ت-هبوط الزحف أو الانضغاط الثانوي،ويحدث نتيجة الاجهاد المؤثر الذي يتبع خروج الماء الزائد من التربة، وهو ايضا مرتبط بالوقت الذي يتبع خروج الماء الزائد من التربة،وهو ايضا مرتبط بالوقت ونوع التربة، ويعد اقل تاثيرا من النوعين السابقين لهذا لا يؤخذ في الاعتبار الا في حالات خاصة.

2-هبوط التربة الرملية:

نتيجة المسامية العالية لهذه الانواع من التربة فعادة يحدث الهبوط المباشر بعد التحميل مباشرة، وقيمته تمثل 90% من اجمالي الهبوط.

ثالثا-أسباب الهبوط :

1-الهبوط المتكافئ المنتظم لتماثل نوع التربة والعامل المسبب.

2-الهبوط الغير متكافئ لاختلاف نوع التربة او العامل المسبب.

3-تغيير التربة تحت الأساس .

4-تذبذب منسوب المياه الجوفية .

5-حركة المرور الثقيلة .

6-الهزات الأرضية .

7-الذبذبات بالموضع أو حوله .

8-الحفر المجاور .[9]

المبحث الرابع-مشاكل التربة حسب مكوناتها وخصائصها

اولا–التربة الانتفاخية

1–تعريف التربة الانتفاخية

وهي تربة ناتجة عن تعرض حجم التربة أو الصخور الرخوة للانكماش أو التمدد عند حدوث تغير في مستوى رطوبتها فتسمى انتفاخية، والتربة التي تحدث بها هذه الظاهرة تكون عادة تربة طينية،إلا انه هناك بعض أنواع الترب الصفائحية تتعرض للانكماش والتمدد أيضا .

وترجع هذه الظاهرة إلى تفتت سيليكات الألمونيوم ذات الأصول المعدنية البركانيـــة لتكون تربة طينية انتفاخية، وأشهر أنواع الترب التي تتدرج تحت هذه المجموعة هي التربة المحتوية على معدن المنتمورولنيت،اذ تتمدد هذه التربة ليتضاعف حجمها خمس عشرة مرة قدر حجمها وهى جافة، ولكن هذه التربة في الطبيعة عادة تكون مختلطة بأنواع أخرى من الطين لها صفات اقل انتفاخية، ولذلك يندر أن توجد في الطبيعة تربة يتمدد حجمها ولأكثر من مرة ونصف قدر حجمها وهى جافة، وفي هذا خطورة على المنشأ المقام على هذه تربة.

2– مشاكل التربة الانتفاخية

تعود مشاكل التربة الانتفاخية الى ثلاثة عوامل هي :

أ– احتواء التربة على مكونات معدنية ذات خواص انتفاخية عالية النسبة، مثل المنتمورولنيت .

ب– تعرض التربة لتغيرات كبيرة في محتوى الرطوبة.

ت– سمك طبقة التربة المحتوية على مواد انتفاخية،اي تكون بسمك كاف لكي تحدث حركة تكفى لأحداث الضرر على سطح الطبقة،وعموما لو زادت نسبة تمدد حجم تربة الأساســات عن (3 %) فإنها تؤدي إلى إحداث أضرار بنسب متفاوتة للمنشات، ما لم تكن أساساتها مصممة بطريقة ملائمة لمواجهة ذلك.

واستنادا الى بعض الإحصاءات فان الأضرار التي تلحق بالمنشات المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشات بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة، وتشمل تلك المنشات المباني والطرق والجسور وخطوط الأنابيب ،وجميع المنشات غير المرنة، والتي ترتكز على أو تمر من خلال التربة الانتفاخية .

ان المشاكل التي تسببها التربة الانتفاخية تتوقف لحد كبير على اختلاف الضغوط تحت المنشأ من مكان لآخر، وهذا بسبب التوزيع غير المتساوي لمحتوى الرطوبة في التربة الحاملة للأساسات، فيتضح أن المباني الصغيرة والجسور والطرق تؤثر بأحمال صغيرة على التربة الانتفاخية، وذلك مقارنة بضغوط الانتفاخ بها وآلتي تتعدى (10000 رطل/قدم2، آو (479000 باسكال).

3 –أنواع الأضرار التي تسببها التربة الانتفاخية :

ان الحركة المتفاوتة تحت المنشأ الواحد من مكان إلى آخر تغير منسوب التربة في المكان الواحد إلى الأعلى او الى

الأسفل تبعا للتغيرات الموسمية لمحتوى الرطوبة ومستوى المياه الجوفية،و تتعرض التربة لهذه الحركة الرأسية الموسمية الى أعماق تصل إلى حوالي مترين.

و في حالة إقامة منشأ على مساحة كبيرة نسبيا (مبنى ضخم أو طريق سريع واسع) فان التغيرات الموسمية في محتوى الرطوبة بسبب الأمطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ، ولكنها سوف تستمر في الحدوث عند أطراف ومحيط المنشأ، وهذا يؤدى إلى هبوط أطراف المنشأ بالنسبة لوسطه في مواسم الجفاف، وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت المنشأ، وعلى العكس من ذلك في مواسم الأمطار فان أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه، ويحدث ما يسمى تقعر التربة، ويسمى هذا التمدد للتربة حول محيط المنشأ بالتمدد الموسمي، ويحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة نتيجة لوجود أي تسرب من مواسير المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ، ويسمى التمدد الناتج عن ذلك في التربة بالتمدد العام .

4- التعرف على التربة الانتفاخية:

ان التعرف على وجود تربة انتفاخية قد يأتي بعد ملاحظة مظهر التربة وسلوكها بعد غمرها بالماء،وفى كل مكان يعرف المختصون بالتربة المناطق التي تحتوى على تربة انتفاخية،لذا يتطلب اختيار مواضع أي منشأ إجراء كشف موضعي دقيق، وسواء من قبل مهندس جيو تقنى أو جيولوجي متخصص في التربة الهندسية.

5-مشاكل التربة الانتفاخية

التربة الانتفاخية هي التربة التي يتغير حجمها بالزيادة أو النقص في حالة وصول الماء إليها أو الجفاف ، ومعظم أنواع الترب الطينية قابلة للانتفاخ أو الانكماش عند تغير درجة الرطوبة، وتعتمد كمية الانتفاخ على عوامل عديدة منها التكوينات المعدنية للتربة والكثافة ودرجة الرطوبة الطبيعية وحالة الضغط، وتكون التربة أكثر قابلية للانتفاخ في المناطق الحارة والجافة، وعند وصول الماء إليها يزداد حجمها، ونتيجة لهذه الزيادة تتأثر المباني والطرق المقامة عليها، وتنتشر التربة الانتفاخية في مناطق كثيرة في السعودية منها تبوك وتيماء والهفوف والغاط والمدينة المنورة والقصيم والجوف وحائل، وهناك عدة طرق لمعرفة قابلية التربة للانتفاخ ، ويمثل الجدول رقم (4-4) الطريقة غير المباشرة باستخدام حدود اللدونه، والتي يمكن الاستهداء بها للتعرف على التربة الانتفاخية

حد الانكماش	دليل اللدونة	نسبة الانتفاخ	درجة الانتفاخ
أقل من 11	أكثر من 35	أكثر من 30	عالية جداً
7 – 12	25 – 41	20 –30	عالية
10 – 16	15 – 28	10 –20	متوسطة

قليلة	أقل من 10	أقل من 18	أكثر من 15

وهناك طرق أخرى أكثر دقة لمعرفة قابلية التربة للانتفاخ واهمها الاختبارات الحقلية والمعملية .

6- معالجة مشاكل التربة الانتفاخية

ان التقليل من قابلية التربة للانتفاخ يحتاج الى خطوات يجب اتباعها ومنها :

أ- التحكم في وصول الماء إلى التربة بإيجاد شبكة تصريف جيدة للمياه الأرضية والسطحية، واستخدام الطرق الحديثة لري المزروعات .

ب- استخدام الفرشة الخرسانية تحت كامل المبنى في تصميم الأساسات .

ت- تحسين خواص التربة بإضافة مواد كيميائية مثل الجير والأسمنت لتقوية ترابط جزيئاتها وزيادة قوتها .

ث- التحكم في اتجاه انتفاخ التربة بتصميم أساسات لها تجاويف تسمح بالانتفاخ دون الإضرار بالمبنى .

ج- تحميل التربة بأحمال مساوية أو أكثر من ضغط أحمال المنشات التي ستقام عليها بردميات تترك فترة من الزمن ثم إزالتها.

قد يظهر فحص المنشات الموجودة من قبل فريق العمل وجود أضرار بها أو شروخ تدل على وجود تربة انتفاخية أسفلها، وعند الحكم مبدئيا بان التربة انتفاخية فان هناك العديد من الاختبارات المعملية التي يتعين أجراؤها على عينات من التربة لإعطاء تقييم أكثر دقة لمدى انتفاخية التربة، ويعد ارتفاع علامة اللدونة هي المؤشر الأول للحكم على مدى انتفاخية التربة، ويضاف إلى ذلك وجود نسبة يعتد بها للمكون الطيني بالعينة وهى الحبيبات التي يقل قطرها عن 2 ميكرون.

ويحكم على مدى انتفاخية التربة بدلالة كل من علامة اللدنة (P.I) ونسبة المكون الطيني بالعينة، وهذان يتم تعينهما معمليا، وقد عكست الخبرة تأثير علامة اللدونة(P.I) على مدى اللدونة الانتفاخية.

ويجب ملاحظة أن علامة اللدونة (P.I) هي مؤشر فقط، ولكن هناك عوامل أخرى تحدد مدى قابلية التربة للانتفاخ مثل نسجة التربة، وكذلك عمق الطبقة الانتفاخية والذي يدل على مدى الحركة على سطح الأرض .

وقبل اختيار نوع الأساسات يجب الأخذ في الاعتبار أيضا التركيب الجيولوجي للموضع، وكذلك تأثير المياه الجوفية، وهناك العديد من التجارب المعملية التي تتيح حساب قيمة التمدد التي يتعرض لها موضع معين، وهذه التجارب لا غنى عنها في حالة تشييد المنشات الكبرى الهامة .

7-معالجة وتقليل الأضرار الناتجة عن التربة الانتفاخية :

ان تلك التقنيات من الممكن الاستغناء عنها في حالة التمكن من تغيير الموضع المرشح للإنشاء بموضع آخر ،ولكن

عند تعذر تغيير الموضع فأنة ينتقى من هذه التقنيات ما يناسب الموضع المرشح ، وهذه التقنيات هي كما يلي :

أ- عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية .

ب- تصميم المنشأ المرن .

ت- معالجة التربة لتقليل التغيرات الحجمية

ث-الصرف والتحكم في مياه الأمطار

ج-احتياطات تتعلق بالمزروعات المجاورة للمنشأ

أ-عزل المنشأ عن التربة الانتفاخية.

يتم عزل المنشأ وحجبه عن تأثير الإجهادات الناتجة عن تمدد وانكماش التربة المحيطة، ويتم ذلك بإحلال التربة إحلالاً كلياً أو جزئياً، فإذا كان سمك الطبقة الانتفاخية صغيرا فيمكن عندئذ حفرها وإزالتها واستبدالها بردم غير قابل لتمدد،اما اذا كانت الطبقة الانتفاخية عميقة فيتم حفرها بعمق كاف ثم يعاد ملئها بردم غير تمددي مع مراعاة السرعة في الردم لتفادى جفاف التربة العميقة .

والتربة الانتفاخية قد تسبب أيضا إجهادات أفقية، وذلك إذا حصرت ما بين إنشاءات راسية مثل حوائط لبرومات آو الحوائط الساندة.

فعند بناء حائط ساند كبير ليسند تربة انتفاخية يتم حفر وإزالة التربة خلف الحوائط ثم إحلالها بتربة غير تمددية مع استعمال طبقة غير منفذة للمياه حول الردم، وذلك لتفادى تغيير المحتوى الرطوبة لتربة الردم.

وعندما يكون الحفر والإحلال ممكنا فمن الممكن ارتكاز المنشأ على أعمدة أسطوانية تصل إلى الطبقة غير التمددية، وذلك لعزل المنشأ عن تأثير الحركة غير المتساوية ، والأعمدة الأسطوانية نفسها تغطى بغلاف أسطواني من الفايبر ، وهذه الأعمدة أفضل من استعمال الخوازيق، وذلك لتفادى الرفع والاهتزازات المصاحبة لدق الخوازيق.

وسواء استعملت الأعمدة الاسطوانية أو الخوازيق فإنها يجب أن تصمم بدقة وذلك لان التصميم الخاطئ قد يودي إلى شروخ وانهيارات فى المنشأ .

أخيراً يجب مراعاة القوى الرافعة التي تبذلها التربة الانتفاخية على هذه الأعمدة والخوازيق عند حدها الأقصى لا تتعدى أحمال هذه الاعمدة أو الخوازيق، وإلا فيجب عمل تغييرات أخرى في التصميم كأن توسع قاعدة العمود.[10]

ثانيا- التربة الانهيارية:

1-تعريف التربة الانهيارية:

تتكون التربة الإنهيارية من الغرين أو الرمل أو خليط منهما معا مع نسبة من الطين، وقد تحوى أحيانا قليل من الحصى الناعم نقل ورسب بفعل الرياح أو المياه، وتتميز بنسبـة فراغات عاليه وكثافة قليلة (الكثافة الجافة اقل من

1,6 جم/سم3) وقليل من الرطوبة (نسبة الرطوبة 2,4% في أغلب المناطق شبه الصحراوية والجافة) .

، وعند وصول الماء إليها فإن هذه الطبقة تضعف ويحصل للتربة تغير مفاجئ في حجمها وانهيار بناءها، ويسبب هذا الانهيار مشاكل للمباني المقامة عليها، وتعتمد كمية الانهيار على عوامل كثيرة منها نسبة الماء الطبيعية والكثافة ومقدار الضغط، ويمكن التعرف على التربة الانهيارية بطرق غير مباشرة باستخدام الكثافة وحدود اللدونة وفقاً للمعادلة التالية والجدول رقم (4–5) وصف التربة بمعرفة معامل الانهيار.

معامل الانهيار k = (نسبة الرطوبة الطبيعية – حد اللدونة) ÷ دليل اللدونة .

وصف التربة	معامل الانهيارk
تربة انهيارية	أقل من صفر
تربة غير انهيارية	أكبر من 0.5
تربة انتفاخية	أكبر من 1

ويمكن أيضا تحديد ما إذا كانت التربة انهيارية عن طريق معرفة الوحدة الوزنية الجافة للتربة، اذ إن التربة التي كثافتها أقل من 1.28 جرام / سم3 يكون مقدار الهبوط فيها عالياً،أما إذا كانت الكثافة أكبر من 1.44جرام/سم3 فيكون مقدار الهبوط قليلاً .

وهناك أيضا طرق لاختبار التربة في المعمل والحقل لمعرفة قابلية التربة للانهيار .

2– معالجة مشاكل الترب الانهيارية

أ– إزالة طبقة التربة الانهيارية .

ب– التقليل من وصول الماء إلى التربة بايجاد شبكة لتصريف المياه جيدة،واستخدام الطرق الحديثة لري المزروعات.

ت– استخدام الخوازيق للوصول إلى الطبقات الغير انهيارية في تصميم الأساسات .

ث– تحسين خواص التربة بإضافة مواد كيميائية لتقوية ترابط جزيئاتها وزيادة قوتها وتغيير خصائصها الفيزيائية .

ج– غمر التربة بالماء قبل البناء للتقليل من مقدار هبوط التربة .

ح– دك التربة للحصول على تربة أكثر كثافة بطرق الدك المختلفة .[11]

3–خطوات هامة أثناء تصميم الأساسات على ترب ذات انهيار مفاجئ:

أ–إذا كانت التربة السطحية غير معرضة للماء أو الرطوبة تعد الأساسات المشتركة والحصائر مناسبة أفضل من الأساسات المنفردة.

ب–أما إذا كانت التربة الإنهيارية على عمق (1.5–2 m) ويتوقع أن يصل الماء لها، فيجب أن ترطب التربة وترص

جيداً بحادلة ثقيلة،أو يمكن تحسين خواص التربة بإضافة مواد كيميائية لتقوية ترابط جزيئاتها وزيادة قوتها وتغيير خصائصها الفيزيائية مثل سيليكات الصوديوم.

ت–عندما يكون من المحتمل أن يصل الماء على عمق 10 متر للتربة الإنهيارية فيمكن استخدام بعض الطرق لاحداث انهيار التربة قبل إنشاء الأساس، منها تعويم وغمر التربة والرج.

ث–إنشاء الأساسات في طبقة تربة جيدة مثل استخدام أوتاد،مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير الاحتكاك السلبي على الأوتاد.

ج–إزالة طبقة التربة الانهيارية واستبدالها ان امكن،والتقليل من وصول الماء إلى التربة بإيجاد شبكة جيدة لتصريف المياه.[12]

المبحث الخامس–الترب الصحراوية ومشاكلها

ان الجفاف الذي يسود المناطق الصحراوية جعلها تتميز بخصائص مختلفة في نوع التربة التي تغطي سطحها،كما كان للتركيب الجيولوجي للمنطقة اثر في ذلك،وتساهم الامطار الساقطة رغم قلتها في نوع وطبيعة الترب الصحراوية،شكل(4– 10) صورة لتربة منطقة صحراوية.



وقد تكون الترب الصحراوية عبارة عن خليط من التربة وقطع من الصخور باحجام الصخرية مختلفة ما بين صغيرة الحجم وكبيرة،ونتيجة لتعرض تلك الصخور الى عمليات التجوية لذا يتغير شكلها وحجمها وتزداد كمية التربة، شكل(4–11)ارض صحراوية من التربة والصخور.



ولغرض التوضيح بشكل اكثر سيتم تناول انواع الترب الصحراوية باختصار وكما يلي:

اولا–الترب الجبسية

تغطي الترب الجبسية مساحات شاسعة من الأراضي في العالم،وفي العراق أكثر من 20% من المساحة السطحية، وهذه الترب عادة ما تكون قواعد طبيعية لأسس المنشات، وتحدث مشاكل هندسية كبيرة في هذه الترب نتيجة ذوبان الجبس عند تعرض هذه الترب للرطوبة والغمر أو الغسل والترشيح بالماء،وتؤدي هذه المشاكل إلى حدوث تشققات في الأبنية وميلان وربما انهيار كلي للمنشات،اذ يؤثر محتوى الجبس على المشاريع العمرانية في مناطق تواجده,

تتواجد الترب الجبسية غالبا في المناطق الجافة وشبة الجافة، وتعد هذه الترب ذات مشاكل كبيرة عند تعرضها لتغيرات في نسب المحتوى المائي بسبب تذبذب منسوب المياه الجوفية،او بسبب تسرب المياه إليها،مما يؤدي إلى إذابة جزء من المحتوى الجبسي فيها، وتكبر المسامات الموجودة أصلا في كتلة التربة، وهذا الأمر يؤدي الى هبوط التربة تحت الأحمال المسلطة فوقها،كما إن مقاومة القص قد تختزل هي الأخرى بسبب هذه العملية وخصوصا في الترب الطينية،شكل(4–11)تربة جبسية .



ان الأبنية المشيدة فوق هذه الترب تهبط تدريجيا وبشكل غير متساوي حالما تبدأ عمليات السقي في الترب المحيطة بالبناء، مع زيادة رطوبة التربة يبدأ تصدع الأبنية وتظهر شقوق في الأسس والجدران، كما هو الحال في بناية النادي

المركزي القديم في جامعة الأنبار ،وكثير من الوحدات العمرانية في الأجزاء الجنوبية من مدينة الرمادي التي تمتاز بارتفاع محتوى التربة من الجبس.

ان للجبس تأثير على الكونكريت،بسبب وجود محتوى عالي من الكبريتات في التربة،والذي يتفاعل مع الكلس الحر الموجود في الأسمنت البورتلاندي ليكون الجبس البلوري، وان التمدد الحجمي للجبس يولد ضغطا يؤدي الى تباعد مكونات الكتل الكونكريتية،والذي يسبب تشققا فيها.

كما ان للجبس تأثير تدميري على مواد البناء الداخلة في المنشآت الهندسية،والتي تؤدي الى تدهور في صفاتها عند ذوبانه في المياه الجوفية ويكون على تماس مباشر مع عناصر البناء .

وان شدة ذوبان الجبس عند ارتفاع المحتوى الرطوبي تتأثر بعدة عوامل مثل الحرارة ،وسرعة جريان الماء,وتركيز الأملاح الأخرى في التربة،,ومع سعة مساحة الجبس يزداد ذوبانه في المناطق المعرضة الى جريان الماء.

ويمكن تلخيص مشاكل الترب الجبسية وكما يلي.

1- عدم تجانس الهبوط في التربة الجبسية.
2- فقدان كبير للمقاومة عند الترطيب.
3- زيادة المفاجئة بالانضغاطة عند الترطيب .
4- استمرار التشوه والتداعي عند الغسل نتيجة حركة الماء .
5- ظهور التشققات في المنشآت المقامة على تلك التربة نتيجة لارتفاع مناسيب المياه الجوفية .
6- ظهور وتكون الفجوات والفراغات نتيجة إذابة الجبس.[13]

ثانيا–التربة الكلسية

1–تعريف التربة الكلسية

تنتشر الترب الكلسية في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية، اذ يسود مناخ جاف أغلب أوقات السنة ،وتضم تلك التربة نسبة عالية من كاربونات الكاليسيوم، لذا تكون سريعة الذوبان بالماء،ولذلك تعد غير صالحة لاقامة المشاريع الهندسية الا بعد معالجتها، وقد تعمل الامطار على الغسيل التام لكربونات الكالسيوم من الطبقة العليا، ولكنها تتجمع بالتربة على أعماق تتوقف على عمق رشح ماء الامطار الساقطة والتي تتخلل التربة، وهي عبارة عن عملية إعادة توزيع كربونات الكالسيوم الاولية، وتعرف هذه العملية التكوينية بالتكتل، أي الناتجة عن تجوية مواد الاصل الغنية بالمركبات الحاوية على الكالسيوم خلال موسم الامطار القصير، فقد تذوب هذه المكونات في الماء الارضي وتتحرك

داخل القطاع إلى العمق الذي يصل إليه الماء المرشح، ثم تترسب في موسم الجفاف،اذ يتبخر الماء، وتترسب الكربونات،شكل(4-12)صورتان لتربة كلسية.



إن تكُّون هذه الترب يرتبط بصفة عامة بتوفر عاملين مهمين هما:

أ-مادة أصل مكونة من الحجر الكلس أو الكالسيت أو الدولوميت، أو على الاقل من مواد غنية بعنصر الكالسيوم .

ب-توفر ظروف مناخية تتابع فيها فترات الجفاف الطويلة وفترات الرطوبة القصيرة، اذ لا تكفي الامطار لاذابة ونقل كربونات الكالسيوم الى الاسفل لذا تبقى منتشرة في الطبقة العليا.

2-خصائص الترب الكلسية :

ان المحتوى العالي من كربونات الكالسيوم، وخاصة الجزء الفعال منها يؤثر على الخواص المورفولوجيةّ والفيزيائية والكيميائية والخصوبية لهذه الترب، وفيما يلي أهم هذه التأثيرات

أ-الخواص المورفولوجية للترب الكلسية

وتتضمن ما يلي:

1-الحالة التي توجد عليها كربونات الكلسيوم بقطاع التربة :

قد توجد كربونات الكالسيوم في صورة حبيبات دقيقة أقل من 1 مم منتشرة في القطاع كله لا تستطيع العين المجردة تمييز حبيباتها من حبيبات التربة.

2- توجد في صورة تجمعات تتركز في مواضع من القطاع تفصلها عن بعضها مواضع أخرى توجد الكربونات فيها بنسبة منخفضة نوعا ما، وفي صورة حبيبات دقيقة ومختلطة مع بقية حبيبات التربة.

3- تأخذ تجمعات كربونات الكالسيوم صورة شبيهة بالخيوط، إذ تملأ كربونات الكالسيوم فجوات التربة الناتجة عن تحلل الجذور،أو في صورة كتل هشة بيضاء اللون تميل الى الاحمر أو الاسود ، أو في صورة عقد صلبة تتفتت بين الاصابع، وتختلف صالبتها حسب درجة رطوبتها فتزداد بالجفاف وتقل بزيادة الرطوبة. 4-

توجد كربونات الكالسيوم أيضا في تجمعات متصلة بطول القطاع،إما مختلطة بحبيبات التربة أوعلى صورة عقد وتشكل في هذه الحالة نحو 60 %من من مكونات التربة.

ب–بالخواص الفيزيائية للترب الكلسية:

1–يرتبط قوام التربة الكلسية بنسب مختلفة من كربونات الكالسيوم، والواقع أن تقدير التوزيع الحجمي لحبيبات كربونات الكالسيوم ليس أمرا سهلا، ولدراسة التوزيع الحجمي الفعلي يجب التخلص من كربونات الكالسيوم، ويكون ذلك بمعاملة التربة بمحلول محدد من حامض كلور، ومن الضروري المحافظة على بناء حبيبات التربة. لذا تستغرق العملية وقتا غير قصير،يختلف قوام التربة في ألافقي(Aو B) اذ تقل كربونات الكالسيوم فيها، ولكنها تزداد بزيادة نسبة الطين أو بالعمق، ويتميز بهذه القطاعات ثلاث درجات من اللون، غامق وفاتح وفاتح جدا.

2– بناء التربة الكلسية: يمكن تمييز نوعين من الترب الكلسية من ناحية البناء،الاول يحتوي أفق سطحي عمقه 20–30 سم غير كلسي وبنائه في حالة جفاف، ويكون متعِّدد الاوجه ،يتلوه أفق من 30–50سم يحتوي أيضا على كربونات الكالسيوم، بناء حبيباته وهو جاف دقيق ذو زوايا ،وفي الحالة الرطبة يصبح لحبيباتها البناء المنشوري للكالسيوم في أفق B،وبناء حبيباته ألافقي يحتوي على تجمعات من كربونا متعدد الاوجه.

اما النوع الثاني ذو قطاع يحتوي على كربونات الكالسيوم في الافق السطحي وتكون 10 أو20سم،ذات بناء جيد ومختلف في اللون ونسبة كربونات الكالسيوم في الطبقة السطحية،ويكون الاسفل ذات لون غامق، وفي حالة اللون الفاتح يكون البناء ذو اوجه متعددة أقل، وفي حالة اللون الفاتح جدا يكون البناء غير جيد، وبزيادة العمق تزداد دقة القوام، ويصبح البناء ذا زوايا ،ويكون البناء أكثر وضوحا، أما أفق C فيختلف البناء فيه طبقا لمادة الاصل،اذ تزداد نسبة الطين، وهذه الترب سواء كانت ذات سطح كلسي أو غير كلسي تكون ذات مسامية جيدة ودرجة ثبات بنائها ضعيفة خصوصا في الافاق العليا.[14]

ثالثا–التربة الرملية

تنتشر الترب الرملية في المناطق الصحراوية على نطاق واسع بانواعه المختلفة الازرق والرمادي والاحمر والاصفرالا،شكال (4–13)انواع من الترب الرملية.



وتستخدم تلك الترب في البناء على نطاق واسع،ولذلك تزال طبقات الرمل من مساحات واسعة من الاراضي فتتحول الى احواض منخفضة،شكل(4-14)مقالع الرمل الصحراوية.



وتعد الترب الرملية ذات خصائص ضعيفة فيما يخص اقامة المنشات العمرانية فوقها،لذا يتم ازالتها لغرض استغلال المكان في أي نشاط.

رابعا-التربة الفيضية الصحراوية

تنتشر في المناطق الصحراوية ترب فيضية ناتجة عن فيضان الاودية والمسيلات المائية وتجمعها في المناطق المنخفضة،او الحوضية(التي تحيط بها المرتفعات من معظم الجهات)فتنقل تلك المياه كميات كبيرة من الاتربة بانواعها الرملية والطينية والجبسية والكلسية وغيرها،لذا تعد تلك الفيضات ذات تربة خصبة صالحة للزراعة،كما توجد كميات كبيرة من المياه الجوفية تحتها،شكل(4-12)تربة فيضية صحراوية.



خامسا–الترب الحصوية والرملية

تعد الترب الحصوية والرملية من الترب التي تنتشر في المناطق الصحراوية على نطاق واسع،وتكون ترب هشة ضعيفة التماسك،لذا تتعرض لعمليات التذرية الهوائية والتعرية المائية،الشكل(4–15) صورة لتربة حصوية رملية.



سادسا–ارض السرير

وهي اراضي صحراوية يغطي سطحها الحصى باحجام مختلفة تغطي طبقة التربة تماما،لذا لاتسمح للرياح والمياه من التاثير على تلك الطبقة التي تليها،شكل(4–16)مناطق السرير.



وقد تكون طبقات السرير سميكة لذا تتم الاستفادة منها في عمليات البناء،اذ توجد مقالع للحصى في الصحراء ،شكل(4-17)صورة لمقالع الحصى.



المبحث السادس- مشاكل التربة حسب المكونات واساليب تحسينها:

اولا-مشاكل التربة

التربة من وجهة نظر بيئية نظاما مفتوحا تكونت بفعل عدة عوامل، وذات خصائص فيزيائية وكيميائية متنوعة,والتي تنعكس أثارها على الانشطة التي تمارس في تلك التربة ونها المشاريع الهندسية.

وفي مجال تخطيط المشاريع الهندسية يتم تقسيم التربة الى انواع بما ينسجم ومتطلبات تلك المشاريع وكما يأتي:

1-تربة طينية شديدة التماسك او الصلابة:

وهي رواسب قديمة تعرضت الى ضغط الرواسب التي تجمعت فوقها بطبقات سميكة ثم تعرضت الى عمليات التعرية التي أدت الى إزالة الطبقات العليا الهشة وظهرت الطبقات الصلبة التي تليها، ومن مشاكل هذا النوع من الترب احتواءها على شقوق كبيرة وصغيرة فيقلل ذلك من شدة صلابتها.

2-تربة طينية غرينية ضعيفة التماسك:

تتكون من تربة هشة حديثة التكوين وغير متماسكة، وقدرة تحملها ضعيفة،لذا يكون تنفيذ المشاريع فيها مكلفا،وينتشر هذا النوع في الأودية النهرية والدلتوات.

3-تربة حصوية ورملية ضعيفة التماسك:

تعد ذات نفاذية عالية وقليلة التماسك،لذا تسبب مشاكل عند تنفيذ المشاريع الهندسية المختلفة خلالها، خاصة إذا كانت تحتوي مياه جوفية عالية المناسيب،والتي تسبب عمليات مختلفة من هبوط وانهيارات وغيرها، وتزداد عند القيام بعمليات الحفر وتحرك المياه نحو المناطق المحفورة.

4-التربة العضوية:

تعد من الترب الضعيفة التماسك والصلابة، لذا يكون تنفيذ المشاريع خلالها مكلف جدا، وقد تكون المعالجات غير مجدية فينتج عنها مخاطر كبيرة خاصة إذا كانت تحت الطبقات السطحية فتتعرض الى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف، فيؤدي ذلك الى تصدع وانهيار الأبنية والطرق.[15]

ان إقامة المشاريع العمرانية ومد الطرق في أي مكان يعتمد على قدرة تحمل التربة التي تتأثر بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ- الإجهاد الناتج عن ثقل المنشآت الكبيرة اوسير المركبات الثقيلة اوهبوط واقلاع الطائرات الكبيرة، فيؤدي ذلك الى تصلب التربة التي تقع تحتها،اما في حالة إزالة التربة المجاورة لتلك المشاريع فقد ينتج عن ذلك انسياب التربة التي تحتها نحو المناطق المحفورة، فيتسبب في هبوط المبنى اوالطريق او ممر المطار فتتعرض الأبنية الى التشقق وتظهر المطبات في الطرق،شكل(4-18)صورة تبين تشقق مبنى.



ب- احتواء التربة على المياه فتقلل من تماسكها وتضعف من صلابتها.

ت- تأثير عناصر المناخ على التربة كالتساقط بأنواعه والحرارة ارتفاعا وانخفاضا وحسب نوع المعادن التي تتضمنها التربة ومعامل تمددها الحراري وقدرتها على امتصاص المياه.[16]

ثانيا-أساليب تحسين خصائص التربة:

ان استغلال الترب يحتاج في كثير من الأحيان إلى تحسين خواصها بما يتلائم وطبيعة النشاط، وعلى العموم من بين تلك الأساليب ما يأتي:

1- تخفيض مناسيب المياه الجوفية في المناطق التي ستنفذ فوقها منشآت وطرق ومطارات ،ومن خلال استخدام التقنيات الحديثة في هذا المجال.

2- إضافة التربة الجيرية إلى الترب الطينية التي تحتوي على معادن لها القابلية على امتصاص كميات كبيرة من المياه مثل معدن المنتمورولنايت،والذي يؤدي تشبعه بالمياه إلى انتفاخه فيسبب مشاكل للمشاريع التي تقام فوق مثل تلك المناطق.

3- إضافة الجير المطفأ والرماد الخفيف الذي يحتوي على السليكات، والتي تتحد مع المعادن الطينية مكونة سليكات الكالسيوم.

4- حقن الترب ذات المسامية العالية والصخور المتضمنة فواصل وشقوق بالمواد الأسمنتية.

5- استخدام القار في تحسين خصائص التربة.(17)

المبحث السابع- اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران:

ان اختيار المواضع الملائمة لاقامة العمران يحتاج الى معلومات دقيقة عن عناصر الموضع والمتمثلة بما يأتي:

1- قدرة تحمل التربة والصخور ،والتي على ضوئها يتحدد نوع الأسس الملائمة،إذ تكون المناطق الصخرية الصلبة عالية القدرة على التحمل ويمكن إقامة الأبنية فوقها مباشرة.

في حين تكون التربة اقل قدرة وتتعرض الى الانضغاط، لذا لايمكن البناء فوقها مباشرة ألا بعد أجراء تحسينات على خواصها او أزالتها واستبدالها بنوعية افضل مثل الصخور اوالكتل كونكريتية، وبصورة عامة تتباين التكوينات السطحية في قدرة تحملها ،والجدول رقم(4-1)يبين قدرة تحمل الصخور والتربة.

نوع التكوينات	التحمل/ كغم/ سـ
1- طبقات صخرية صلبة	30- 40
2- طبقات صخرية متوسطة الصلا	10- 12
3- طبقات صخرية ضعيفة الصلا	8- 10
4- تربة حصوية او حصوية رملية	6-8
5- تربة رملية خشنة متماسكة	2.5- 4
6- تربة طينية جافة وصلبة	2-3
7- تربة طينية رملية	1.5- 2
8- تربة رملية ناعمة	1-2
9- تربة طينية هشة	0.5- 0.75
10- تربة طمر او دفن نفايات	0.25- 0.5

وقد لا يتوقف تأثير التربة على الأسس التي تقع فوقها بل يشمل جوانبها التي تدفن بالترب الضعيفة التماسك ،وخاصة الاسس التي ترتفع كثيرا عن مستوى سطح الارض،مثل التربة العضوية اوالمالحة، او مخلفات الأبنية التي كانت مستخدمة،والتي تعد ذات خصائص رديئة تنعكس آثارها على الأسس،ويفضل عند حفر التربة لغرض الدفن إزالة الطبقة السطحية واستخدام التي تحتها.[18]

ثالثا–بعض الاحتياطات الواجب مراعاتها لتقليل هبوط المنشآت:

هناك بعض التوصيات الواجب اخذها في الاعتبار لتقليل هبوط المنشآت ولتجنب الهبوط الغير منتظم تتمثل في الآتي:

1– الحساب الدقيق للأحمال الفعلية للمبنى مع الأخذ في الاعتبار الاحمال الميتة والحية والقوى الناتجة عن ضغط الرياح والاهتزازات والأحمال الغير مركزية.

2– الاختبار الجيد والتصميم الدقيق لنوع الاساس بالنسبة لنوع التربة الموجودة، على ان تكون الاجهادات المتولدة من المنشأ داخل حدود الامان بالنسبة لقدرة التربة على تحمل الاجهادات.

3– ابعاد منسوب التأسيس بقدر الامكان عن مناطق الاهتزازات، مثل المناطق المجاورة لخطوط السكك الحديدية او المعرضه لمرور ثقيل.

4– تفادي التأسيس على تربة يتغير محتواها المائي كثيرا نتيجة ارتفاع وانخفاض منسوب مياه الرشح مثل التربة القريبة من الترع والمجاري المائية.

5– تفادي اعمال الحفر خاصة العميقة المجاورة للأساسات منعا لزحف التربة.

6– تفادي تخفيض منسوب مياه الرشح خاصة اذا كانت الاساسات سطحية.

7–حساب كمية الهبوط على مدى عمر المبنى واخذها في الاعتبار.

8– المعالجة السريعة لأي هبوط ينشأ في المبنى سواء بتخفيف الاحمال،اوعلاج الاساسات اوحقن التربة.

9–تجنب تأسيس المنشأ الواحد على اكثر من نوع من التربة، وفي حالة الضرورة يتم تقسيم المبنى كوحدة على اجزاء مع عمل فواصل بينها.

10– مراعاة تماسك المبنى كوحدة واحدة بزيادة القطاعات الانشائية للأساسات، وتسليح الميدات تسليح خاص.

للتقليل من قابلية التربة للانهيار ،وهناك العديد من الخطوات التى يلزم اتباعها ومنها –:

أ–إزالة طبقة التربة الانهيارية.

ب–التقليل من وصول الماء إلى التربة بايجاد شبكة جيدة لتصريف المياه، واستخدام الطرق الحديثة لري المزروعات.

ت– استخدام الركائز (الخوازيق) للوصول إلى الطبقات الغير انهيارية في تصميم الأساسات.

ث–تحسين خواص التربة بإضافة مواد كيميائية لتقوية ترابط جزيئاتها وزيادة قوتها وتغيير خصائصها الفيزيائية.

ج–غمر التربة بالماء قبل البناء للتقليل من مقدار هبوط التربة

ح– دك التربة للحصول على تربة أكثر كثافة بطرق الدك المختلفة.

خ–تطهير كل منطقة الانهيار والتراجع وإعادة بناء الردم من خلال تنفيذ ردوم مع التربة الخشنة نظيفة، وضغط في طبقات سمك 0.3 متر .

د–أنجاز منظومة صرف مياه بما يسمى قناع الحبيبية . .

ذ–استخدام المواد المضافة للتربة، كالسيليكا والجبس والاسمنت لتحسين الخصائص الميكانيكية للتربة الطبيعية.[19]

مصادر الفصل الرابع

1- F .G. Bell;Engineering Properties of soil and Rocks, third Edition, Genesis typer setting, great Britation,1992,P.4.

2- Darrel and Valerie Weyman; Land scape processes, an introduction to geomorphology, printed offset litho in Great Britain, 1983, p.13.

3- د. محي الدين بنانة ؛ الجيولوجيا التطبيقية، معهد الإنماء العربي، دمشق 1988,ص 167.

4-د. أسامه مصطفى الشايعي؛ ميكانيكا التربة، أساسيات وخواص التربة، ج1, دار الراتب الجامعية,ألا سكندرية,1988, ص 61.

5 - أدورد جي تاربوك، فريدريك ك. لوتجنز ؛ الارض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية، ترجمة د. عمر سلمان ، د. البهلول اليعقوبي، د.مصطفى جمعه سالم، مطبعة الجا مالطا, 1984,ص176.

6- د. محمد محمود إبراهيم الديب؛ جغرافية الزراعة، تحليل في التنظيم المكاني، مكتبة ألا نجلو المصرية1995، ص 291-292.

7-علاقة التربة بالعمران،تقرير منشور على موقع الانترنت https://www.allabout-building.com.

8-د.خلف حسين الدليمي،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص189.

9- اسباب هبوط المنشأت،تقرير منشور على الموقع الاليكتروني للشركة العامة للبناء التعمير،وزارة الاشغال العامة والتعمير السورية، http://gcbc.sy/ar/view/212#.

10-احمد عادل احمد،هبوط التربة اخطر المشاكل الانشائية،مقال منشور على موقع الانترنت،.www.eshra.co.nr

11- التربة الانهيارية ،تقرير منشور على موقع الانترنت http://www.startimes.com.

12- المهندس. ياسين شياح،مشاكل التربة الانهيارية،تقرير منشور على موقع الانترنت،https://www.dorar-aliraq.net.

13- د-سعدون مشرف، المشاكل الجيوتقنية التي تواجه تخطيط العمران في قضاء الرمادي، بحث منشور في مجلة كلية التربية للعلوم الانسانية،جامعة الانبار.

14- د. حيدر الحسن، أساسيات علوم التربة وتصنيفها،محاضرات في دراسة بعض خصائص التربة، http://hama-univ.edu.sy/newsites .

15- د. أسامه مصطفى الشايعي؛ ميكانيكا التربة، أساسيات وخواص التربة، ج1،مصدر سابق،ص68.

16- **Seybold, C. A, Herrick, J. E ,Brejda, J. J.,** SOIL RESILIENCE: A FUNDAMENTAL COMPONENT OF SOIL QUALITY, **1999 - Volume 164 – Issue,p225.**

17- اسلام غنيمات، طرق تحسين التربة،تقرير منشور على موقع الانترنت https://mawdoo3.com/.

18- ارثين ليفون وزهير ساكو ، انشاء المباني،ط1،دار الكتب للطباعة والنشر ،بغداد 1982،ص37-38.

19- اسباب هبوط المنشأت،تقرير منشور على الموقع الاليكتروني للشركة العامة للبناء التعمير ،وزارة الاشغال العامة والتعمير السورية، http://gcbc.sy/ar/view/212#.

الفصل الخامس–الصخور وتخطيط المشاريع الهندسية.

المبحث الاول– تعريف الصخور وتمثيلها

المبحث الثاني– انواع الصخور في القشرة الارضية

المبحث الثالث– الخصائص الكيميائية والفيزيائية للصخور

المبحث الرابع–التراكيب الصخرية الاولية

المبحث الخامس– التراكيب الثانوية في صخور القشرة الارضية

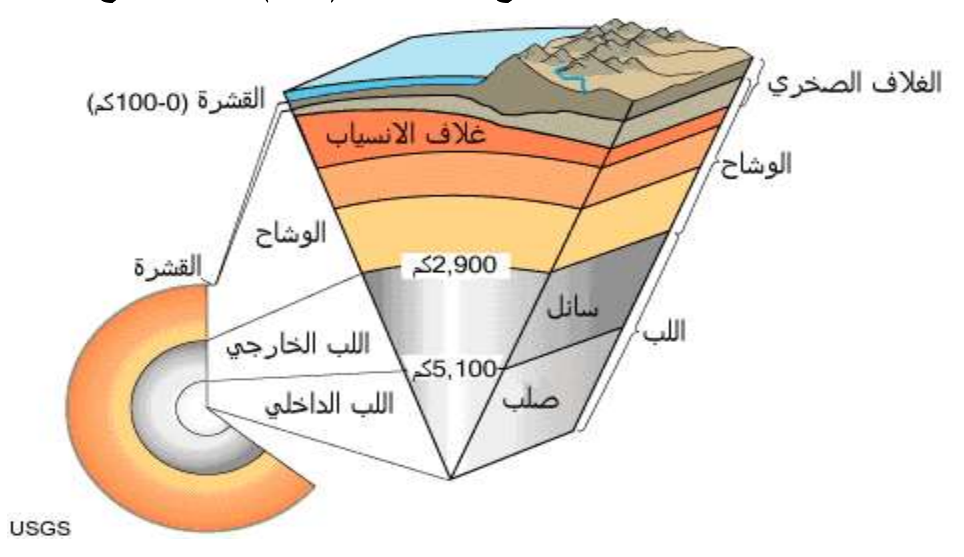
المبحث السادس– طبيعة تواجد الصخور في القشرة الارضية

المبحث السابع–عناصر الضعف في الصخور

المبحث الاول– تعريف الصخور وتمثيلها

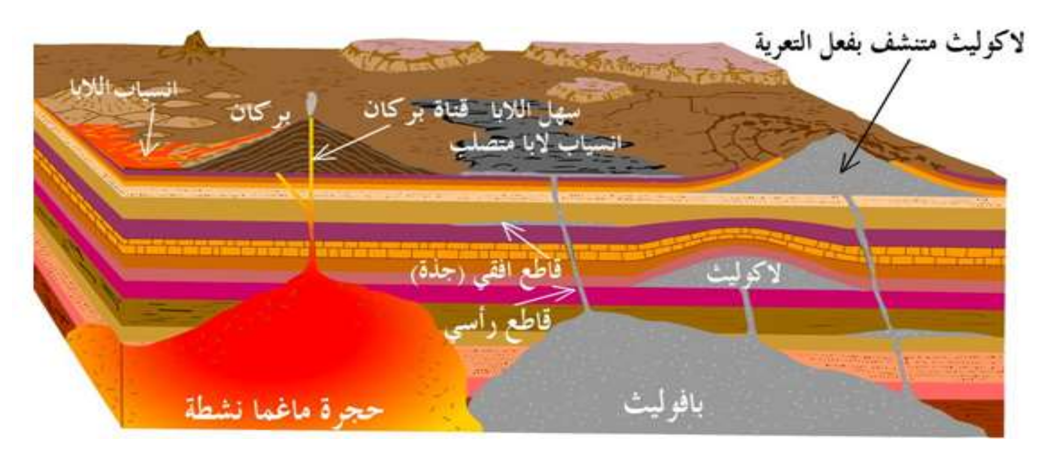
اولا– تعريف الصخور

تتكون القشرة الارضية من طبقات صخرية سميكة، يصل سمكها حوالي 60كم في المناطق الجبلية،وتقل في مناطق الاخرى حسب ارتفاعها عن مستوى سطح البحر ،شكل (5–1)مخطط لمقطع للكرة الارضية.



وتختلف تلك الصخور في خصائصها النوعية والبنيوية من مكان لاخر ،وقد تكون مكشوفة على السطح دون غطاء من التربة،في حين تكون بعض المناطق مغطاة بطبقة من التربة تختلف في السمك من مكان لاخر ،قد تكون قليلة السمك بحيث لايزيد عن 1سم،بينما تصل في السهول الفيضية الى عدة امتار ،ان تلك المعلومات لها دور كبير عند اقامة الابنية ومد الطرق.

ان اقامة الابنية فوق أي موضع على الارض او مد الطرق يحتاج الى دراسة مكونات القشرة الارضية من الصخور ،ولايقتصر ذلك على الطبقة السطحية بل يشمل عدة طبقات حسب سمك كل طبقة،وربما تكون الطبقة السطحية سمكها عدة امتار فيكتفى بها،اما اذا كان سمك الطبقة اقل من مترين مثلا والبناء ثقيل يتكون من عدة طوابق فيحتاج الى التعرف الى نوع وسمك الطبقة التي تلي الاولى،وربما تكون طبقات الصخور غير سميك متر فاقل هذا يحتاج الى التعرف على نوع الصخور وسمكها الى عمق يصل الى اكثر من خمس امتار ،الشكل(5–2)مخطط لطبقات صخور القشرة الارضية.



ويتضح من الشكل طبيعة امتداد الطبقات الصخرية وتداخلها مع بعضها،ووجود بعض الاشكال الارضية فوق سطح الارض ،والشكلان(5– 3و4) مقطعان يوضحان كيفية امتداد طبقات صخرية مختلفة في النوع والسمك واللون والامتداد.



واذا كان البناء على مساحة واسعة تصل الى اكثر من 500م2 فيتطلب معرفة طبيعة امتداد الطبقات الصخرية افقيا،وهذا الامر مهم جدا في تخطيط الطرق لانها تمتد لمسافات تصل الاف الكيلومترات،اذ تتغير نوعية الصخور افقيا من مكان لاخر.

ان التعرف على نوعية الصخور يقود الى التعرف على قدرة تحملها وقابليتها على الذوبان بالماء.

ثانيا– التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية:

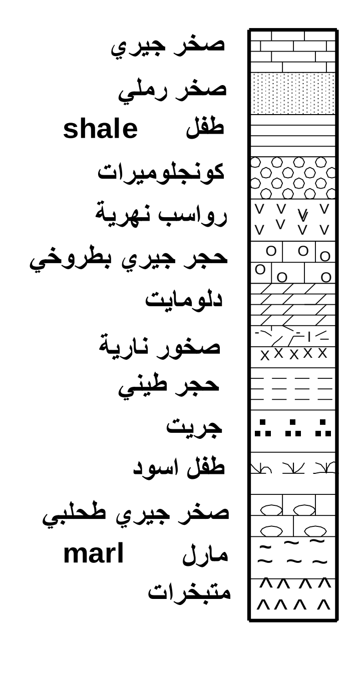
يعد التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية ذا أهمية كبيرة في دراسة الصخور ومعرفة طبيعة وجودها في القشرة الارضية رأسيا وأفقيا، وفيما يأتي استعراض التمثل الكارتوغرافي للصخور:

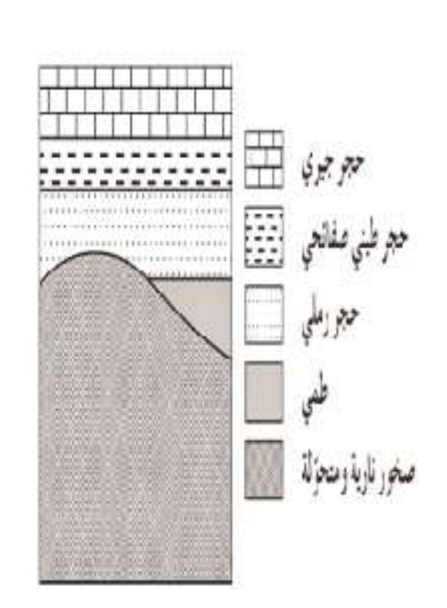
1– مقاطع رأسية للطبقات الصخرية :

توضح المقاطع الرأسية بنية الطبقات وترتيبها وسمكها ومن خلال الدراسة الميدانية ،ووفق مقياس رسم معين يتم اختياره بما يتناسب وسمك الطبقات، كما يتم تمثيل كل طبقة برمز أولون معين، اذ توجد رموز متفق عليها عالميا، شكل (5– 5أ–ب)، ويمكن ان يختار الباحث رموز تعبر عن نوع الطبقات وسمكها ويوضح ذلك في دليل الخريطة

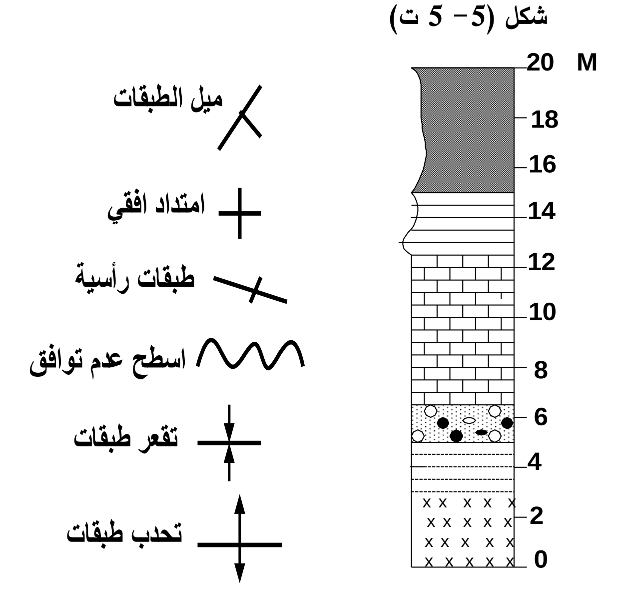
،ويفضل استخدام الرموز المتفق عليها عالميا، وتتضمن تلك المقاطع بعض الرموز التي توضح بعض المظاهر التي تتضمنها تلك الطبقات الصخرية مثل ميل الطبقات والطيات والانكسارات، كما في الشكل (5– 5ت).

شكل (5–5أ–ب) مقطع جيولوجي حسب الرموز الشائعة





شكل (5– 5 ت)



ويتطلب رسم المقطع الخطوات الآتية:

أ– قياس ارتفاع المقطع عموما من الاعلى الى الاسفل.

ب– قياس سمك كل طبقة على حده مع تحديد نوع الصخر الذي تتكون منه .

ت– تحديد الرمز المناسب لكل نوع من تلك الصخور سواء من الرموز العامة او يقوم الباحث باختيارها.

ث– اختيار مقياس رسم ملائم للارتفاع العام للمقطع وارتفاع كل طبقة .

ج- رسم المقطع بعد توفير المعلومات المذكورة أعلاه، ويمكن ان يكون بشكل يتضمن التغيرات التي أحدثتها عمليات التعرية والتجوية في الطبقات الصخرية، والتي تعبر عن مكامن الضعف والقوة فيها من خلال تقدم وتراجع الطبقات.

مثال: ارسم مقطعا رأسيا او طوليا لعدد من الطبقات الصخرية في مكشف صخري يتكون من عدة الطبقات متباينة السمك وهي من الأعلى الى الاسفل كما يأتي:

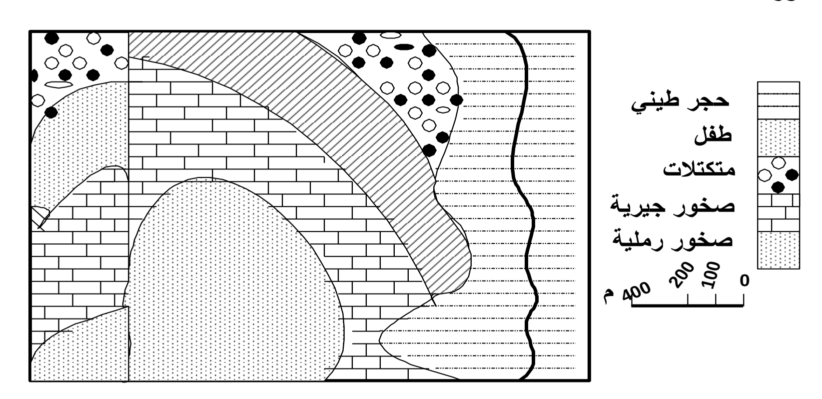
حجر رملي 5م ، طفل 2,5م ، حجر جيري 6م، متكتلات 1,5م ، دولومايت 2م، جرانيت 3م، مجموع ارتفاع الطبقات الصخرية 20م ، يمكن ان يكون مقياس الرسم 1/ 200، أي كل 1سم = 2م حسب اختيار الباحث ومن المثال السابق يكون المقطع كما في الشكل [5- 5ب]السابق .

2- خرائط ومقاطع للامتداد الأفقي للطبقات الصخرية:

توجد الصخور على شكل طبقات وخاصة الرسوبية التي تعد من اكثر الصخور انتشارا، اما الصخور النارية فتكون على شكل كتل بصورة عامة ،على أية حال يمكن تمثيل امتدادها على شكل خرائط ومقاطع تعبر عن الوضع الطبيعي الذي توجد فيه تلك الصخور وكما يأتي:

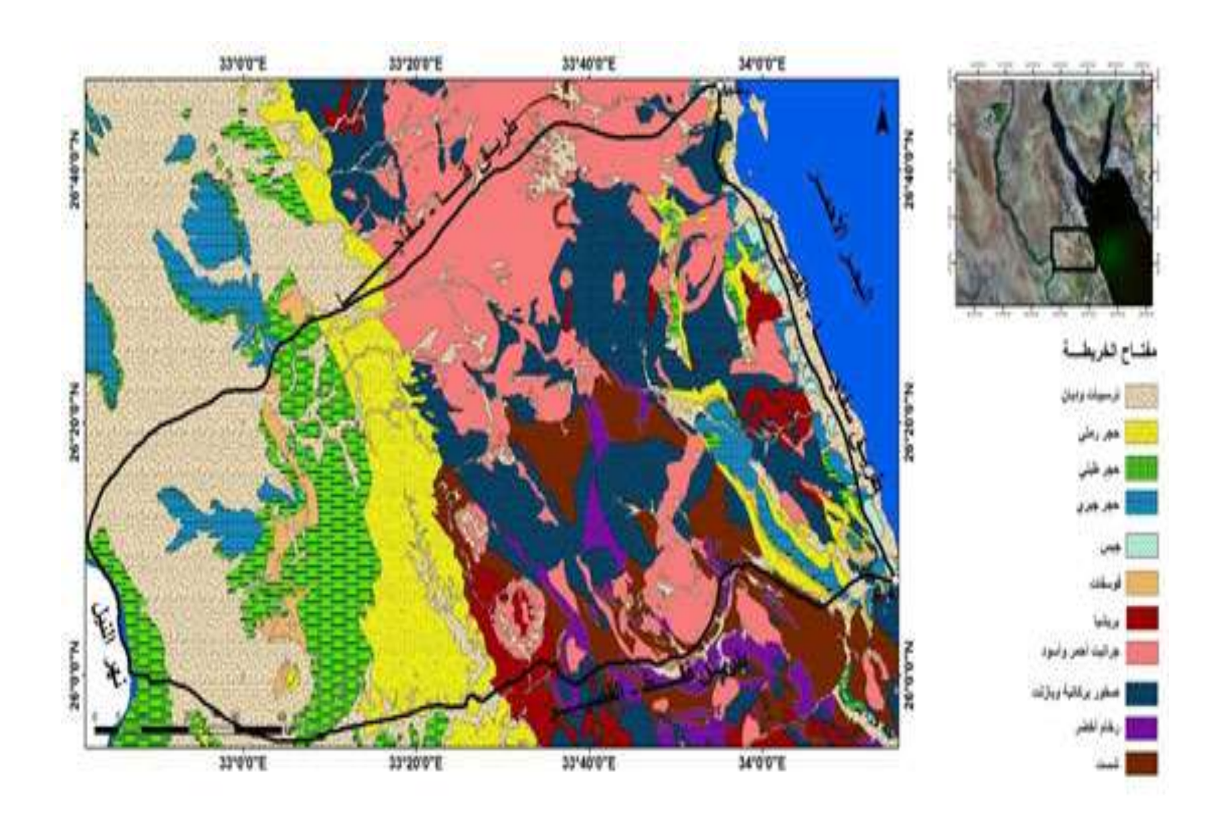
أ- خريطة جيولوجية للطبقة العليا أو السطحية:

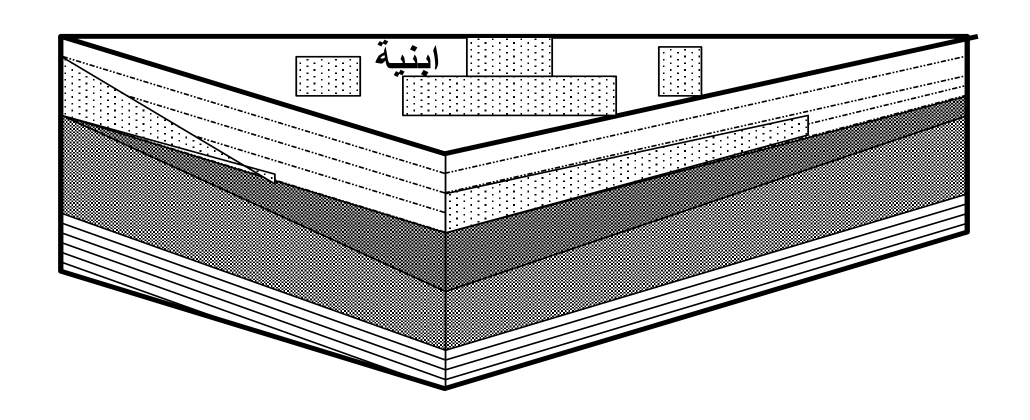
تستخدم الخرائط الجيولوجية في توضيح نوع الصخور التي تغطي منطقة معينة وتقتصر على الطبقة السطحية فقط ، اذ تحدد انواع الصخور المنتشرة في تلك المنطقة وسمكها،وتثبت على خريطة منطقة الدراسة ومن ثم تستخدم الرموز الخاصة بكل نوع من تلك الصخور والتي يتم توضيحها في مفتاح الخريطة، شكل (5- 6)خريطة تبين توزيع انواع الصخور. (1)



ب- مقطع عرضي للامتداد الأفقي والرأسي للتكوينات السطحية وتحت السطحية :

توضح المقاطع العرضية طبيعة امتداد الطبقات الصخرية في مواضع المشاريع أفقيا ورأسيا ولا يكون على نطاق واسع بل على نطاق محدود يعبر عن نوع التكوينات التي يقع فوقها المشروع، اذ يظهر نوع الصخور وسمكها وامتدادها، أي يوضح أبعاد تلك الطبقات في الجهات التي يمثلها المقطع، كأن تكون من الشمال والشرق او من الجنوب والغرب، شكل (5- 7أ-ب) الامتداد الأفقي للتكوينات السطحية وتحت السطحية.





-

المبحث الثاني- انواع الصخور في القشرة الارضية

اولا- الصخور النارية Igneous Rocks

تعد الصخور النارية من اقدم انواع الصخور لذا تسمى بالصخور الأصلية، وتوجد في الطبيعة بوضعين، باطنية في داخل القشرة الارضية وتسمى بلوتونية او جوفية، والتي تصلبت في أعماق القشرة الارضية قبل ان تصل الى سطح الارض، وقد تبردت ببطء لذا تكون واضحة التبلور وتتخذ أشكال مختلفة في باطن الارض، كالباثوليث واللكوليث واللبوليث والسدود والأعناق وغيرها .

اما النوع الثاني فهي صخور سطحية وتسمى بركانية ناتجة عن الثورانات البركانية القوية التي دفعت بها الى سطح الارض، وتختلف عن الباطنية بدقة تبلورها غير الواضح لتبردها بسرعة.

وتتكون الصخور النارية من عدة انواع حسب تركيبها الكيميائي هي:

1- الصخور الحامضية:

وهي الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من السليكا تتراوح ما بين 65—80% ونسبة قليلة جدا من المعادن الفيرومغنيسية(الحاوية على الحديد والمغنيسيوم) وتحتوي على نسبة كبيرة من الكوارتز والفلسبار، وهي معادن ذات ألوان فاتحة وكثافة قليلة،شكل (5-8)نماذج من الصخور النارية الحامضية، ومن أنواعها:

الجرانيت Granite

الرايولايت Rhyolite

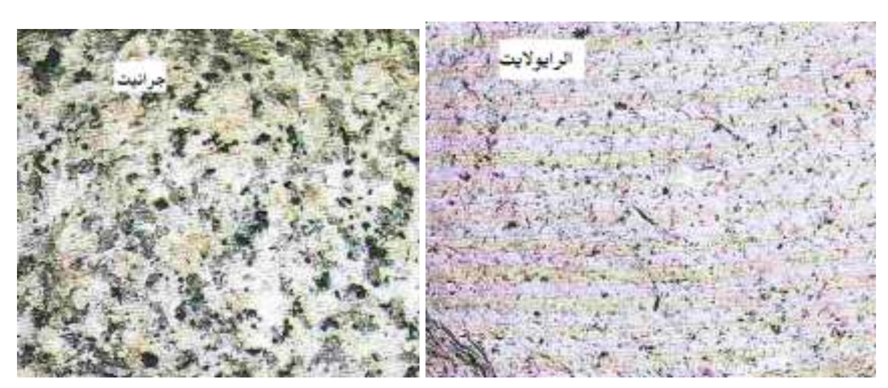
صخر الخفاف Pomice

بيجماتيت Pegmatite

صخر القار Pichstone

اوبسيدان Obsidian

ليباريت Liparite



2- صخور متوسطة:

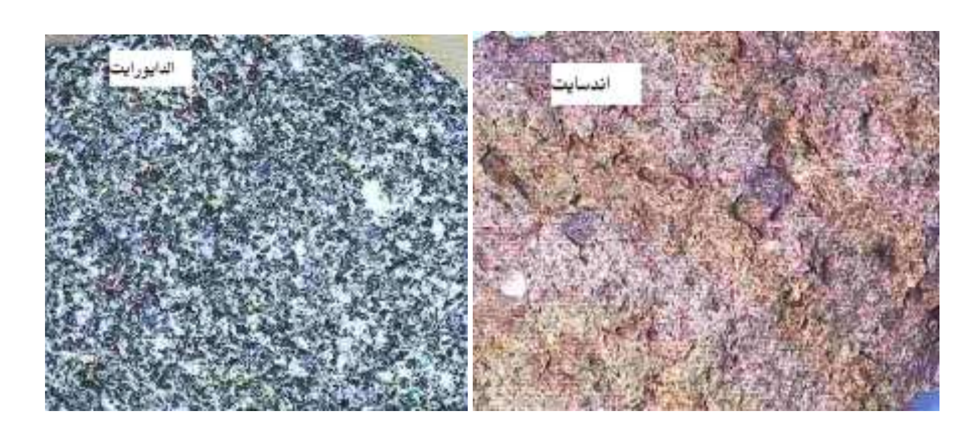
وهي صخور تحتوي على السليكا بنسبة تتراوح مابين 52---65% ونسبة متوسطة من المعادن الفيرومغنيسية وهي ذات لون فاتح ,شكل (5-9)نماذج من الصخور النارية المتوسطة، ومن أنواعها:

دايوريت Diorite

اندايسيت Andesite

سيانيت Syenite

تراكيت Trachyte



3- صخور قاعديه:

وهي الصخور التي تحتوي على نسبة تتراوح مابين 45---52% من السليكا ونسبة عالية من المعادن الفيرومغنيسية، وتحتوي معادن ذات ألوان داكنة وكثافة عالية،شكل (5-10)نماذج من الصخور القاعدية، ومن أنواعها:

الجابرو	Gabbro
بازلت	Basalt
دياباز	Diabase



4- صخور فوق القاعدية:

يتميز هذا النوع من الصخور بقلة نسبة السليكا الى اقل من 45% وتحتوي على معادن تتضمن نسبة عالية من الحديد والمغنيسيوم، ومن أنواعها :

الديونيت	Dunite
البيريدوتيت	Peridotit
البيروكسينيت	Pyroxinite .[2]

والشكل (5-11)مخطط للتصنيف البسيط للصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني.

	الصخور الحامضية		الصخور المتوسطة		الصخور القاعدية
	لون فاتح وكثافة قليلة نسبيا		لون فاتح وكثافة عالية نسبيا		لون داكن وكثافة عالية
نسيج دقيق (صخور بركانية)	الرايولايت Rhyolite	الداسايت Dacite	الاندسايت Andesite	البازلت Basalt	
نسيج خشن (صخور بلوتونية)	الجرانيت Granite	الجرانوديورايت Granodiorite	الدايورايت Diorite	الجابرو Gabbro	البيريدوتايت Peridotite
المعادن المكونة للصخور (100%، 75، 50، 25، 0)	الارثوكليز Orthoclase	الكوارتز ztrauQ	البلاجيوكليز Plagioclase	المعادن الفيرومغنيسية Ferromagnesian mimerals	

وتظهر الصخور النارية في الطبيعة بانواعها متخذة اوضاع واشكال مختلفة،الشكل (5-12)نماذج من الصخور النارية



ثانيا- الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

1-انواع الصخور الرسوبية حسب نوع المعادن

تحتل المرتبة الثانية من حيث النشأة والمرتبة الأولى في الانتشار، اذ ان اكثر من 80% من صخور القشرة الارضية العليا هي رسوبية ، وتتضمن تلك الصخور بعض المعادن التي تعود الى الصخور النارية ، بعد ان تعرضت الى عمليات مختلفة غيرت من بعض خصائصها الطبيعية التي كانت عليها ، ومن أهم معادن تلك الصخور هي:

أ- **معادن طينية** Argillaceous

تحتل المعادن الطينية المرتبة الأولى في مكونات الصخور الرسوبية حيث تشكل حوالي 80% من تلك المكونات، والمتمثلة بسليكات الألمنيوم المائية (Al_2Sio_2).

ب- الكوارتز:

يعد الكوارتز من المعادن الاساسية للرمال والصخور الرملية وتشكل حوالي 10% من مكونات الصخور الرسوبية .

ت– الكالسيت:

يوجد هذا المعدن على نطاق واسع في الصخور الجيرية والذي يعمل على تماسك حبيبات الصخور الخشنة.

ث– اكاسيد الحديد:

يعد الهيماتيت والليمونيت من أهم تلك المعادن والتي توجد في الرمال السوداء ، كما تمثل أحد المواد اللاحمة في الصخور الرملية.

ج – الجبس (Gypsum) (كبريتات الكالسيوم المائية):

ح– ألهاليت (Halite) (كلوريد الصوديوم):

يوجد النوعان من المعادن في رواسب البحيرات المالحة بعد تبخر مياهها،الشكل(5–13)نماذج من الصخور الجبسية.[3]





2–الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي:

تضم الصخور الرسوبية انواع مختلفة حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي ومنها ما يأتي:

أ– الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية) clastic sedimentary Rocks

يتكون هذا النوع من الصخور من مفتتات صخور مختلفة بعد ان تعرضت الى عمليات تجوية وتعرية واسعة ونقلتها الرياح والمياه ورسبتها في مناطق منخفضة دون ان يحدث أي تغيير في خصائصها الكيميائية ،وهي ذات مسامية عالية تسمح للمياه بالانتقال خلالها بسهولة من مكان لاخر، وقد أدى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه من أملاح ومعادن في المسامات الواقعة بين المفتتات فعملت على التحامها وتماسكها وزيادة صلابتها، ومن أهم تلك المواد اللاحمة الكالسيت الدولومايت والكوارتز واكاسيد الحديد.

وقد تعمل المياه في بعض الأحيان على إذابة بعض مكونات الرواسب ونقلها وترسيبها في مكان أخر، كما تؤدي عمليات الترسيب بكميات كبيرة الى زيادة الضغط المتولد عنها على الطبقات التي تحتها فتقل المسامات فيها ومن ثم طرد المياه التي كانت تحتل تلك الفراغات، ومن الأمثلة على ذلك الطفل(Shale) الذي يتضمن حوالي 45% مسامات تنخفض الى حوالي 5% بعد تعرضها الى الضغط.

ومن انواع الصخور الرسوبية الميكانيكية:

1- صخور المتكتلات Conglomerate

تتكون تلك الصخور من التحام الحصى والجلاميد والرمال وقطع من الصخور مع بعضها، وتكون ذات صلابة شديدة اذا تضمنت نسبة عالية من السليكات، وعلى العموم تميل الى الشكل الدائري وتكثر قرب الشواطئ البحرية، الشكل (5- 14أ).

2-صخور البريشا Breccias

يشبه هذا النوع من الصخور المتكتلات في نوع المكونات الا ان الفرق بينهما في شكل تلك المكونات، اذ تكون ذات حواف حادة وأطراف مدببة،الشكل (5-14ب).





3-الصخور الرملية Sand stone

وهي ناتجة عن تماسك ذرات الرمل بواسطة مواد مختلفة النوع واللون مثل اكاسيد الحديد وكاربونات الكالسيوم والسليكات ، وقد أسهمت تلك المواد في تغير لون تلك الصخور فأكاسيد الحديد تجعلها مائلة الى الاحمرار وكاربونات الكالسيوم تميل نحو البياض والسليكات نحو اللون الأزرق،كما ان بعض تلك المواد ذات صلابة عالية مثل السليكات،في حين تكون كربونات الكالسيوم ضعيفة التماسك لانها تذوب في الماء فتسهل عمليات التجوية والتعرية، ويوجد نوع أخر من الصخور الرملية مائلة الى السواد لاحتوائها على بعض المعادن المشعة مثل اليورانيوم والثر يوم وغيرها.[4] شكل (5-15)نماذج من الصخور الرملية.



4- الصخور الطينية clay stone

تتكون تلك الصخور من مواد طينية مختلطة بمواد أخرى كلسية او عضوية تعمل على تنوع لونها حسب نوع الاكاسيد التي تتضمنها مثل اكاسيد الحديد والمنغنيز تجعلها مائلة الى اللون الأحمر او الأصفر او الأخضر، في حين تميل الى اللون الأسود اذا ارتفعت نسبة الجير (كربونات الكالسيوم)، وتسمى طينية جيرية او المارل(Marl). ويحتوي الطين على نسبة 15% من الماء وعندما يفقدها يتحول الى حجر طيني (Mudstone)، وقد يكون الحجر الطيني على شكل طبقات رقيقة او صفائح نتيجة للضغط الذي تتعرض له قبل ان تجف وتتحول الى حجر يسمى بالحجر الطيني الصفائحي او الطفل(Shale)،شكل (5-16)نماذج من الصخور الطينية.



ب- الصخور الرسوبية الكيميائية: Chemical Sedimentary Rocks

وهي صخور ناتجة عن حدوث تفاعلات كيميائية بين محاليل متنوعة ينتج عنها كربونات وبيكاربونات تتحد مع بعضها مكونة عدة انواع من الصخور الرسوبية الكيميائية المتباينة في تراكيبها المعدنية، ومنها ما يأتي:

1-صخور الكلس الكيميائي

تتكون تلك الصخور عندما تترسب كربونات الكالسيوم في المحاليل الجيرية الحاوية على كربونات الكالسيوم الهدروجينية ومنها الصخور الجيرية المتكونة من معدن الكالسايت ($Caco_3$) المترسب في مياه البحر،الشكل(5-17) نماذج من الصخر الجيري .



والدولومايت (Dolomite) الذي يشبه حجر الكلس الا انه يتكون من معدن الدولومايت ($Camg_{(co3)2}$) الناتج عن إحلال أيون المغنيسيوم محل أيون الكالسيوم، ومن تلك الصخور الترافرتين الذي يتواجد قرب الينابيع والعيون وفي الكهوف التي تعرف بالستالكتايت وستالكمايت،أي الاعمدة الصاعدة والنازلة،شكل (5-18)نماذج من الصخور الكلسية الكيميائية.



2- صخور تبخريه (ملحية)

وهي ناتجة عن ترسبات ملحية ومنها الجبس او الجبسم،الذي يسمى كبريتات الكالسيوم المائية والانهيدرايت وتسمى كبريتات الكالسيوم اللامائية،والملح الصخري كلوريد الصوديوم،الشكل(5-19) نماذج من الجبس والملح الصخري .



3- صخور سليكية :

يوجد هذا النوع من الصخور قرب الينابيع الحارة مثل الصوان(Chert) الناتج عن ترسب السليكا المذابة في المياه الحارة،شكل(5-20)صخر الصوان.



ت- الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks

يوجد هذا النوع من الصخور على انواع حسب تركيبها الكيميائي ومنها:

1-حجر الكلس العضوي

ويعد من اكثر انواع الصخور انتشارا وهو ناتج عن بقايا الحيوانات والنباتات المحتوية على كربونات الكالسيوم او الجير.

2-صخور طباشيرية

وهي ناتجة عن تحلل نوع من الحيوانات التي تحتوي على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم وتكون ناصعة البياض،شكل(5-21)صخور طباشيرية.



3-صخور فوسفاتية

وتشمل الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من فوسفات الكالسيوم الناتجة عن تحلل بعض الحيوانات البحرية.[5]

شكل(5-22)صخور فوسفاتية.



4-الفحم الحجري:

وهو من اصل نباتي ينتشر في مناطق الغابات التي غمرتها المياه وطمرتها الرواسب بطبقات سميكة ادت الى توليد ضغط وحرارة شديدين اسهما في تغيير خصائص تلك النباتات المطمورة وعلى مراحل أخرها الانثراسايت الذي يمثل الفحم الحجري،الشكل(5-23)الفحم الحجري.



يظهر من العرض السابق للصخور الرسوبية أنها توجد في الطبيعة على انواع مختلفة في تركيبها ونسيجها ولونها لذا تظهر بقطاعات متباينة،والشكل (5-24)نماذج من الصخور الرسوبية.



3- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

ان اصل تلك الصخور صخور نارية ورسوبية قديمة تعرضت الى عمليات ضغط شديد او حرارة عالية او كليهما،فأدت الى تغير خصائصهما الكيميائية عما كانت عليه لذا تسمى المتحولة، وقد تحتفظ تلك الصخور ببعض خصائص الصخور الأصلية التي تحولت منها، ومن مميزات تلك الصخور أنها تتعرض الى التقشر بسهولة عند تعرضها الى عمليات التجوية والتعرية، ومن أنواعها ما يأتي:

أ- صخور متورقة Foliated Rocks

يتميز بعض انواع الصخور المتحولة بالتورق لتعرضها الى ضغط كبير وحرارة منخفضة ، وتعد تلك الصخور سهلة التكسر باتجاه التورق ومن أنواعها الإردواز (Slate) والفيلات(Phyllite) والشست والنابس والامفيولايت.

ب- صخور غير متورقة Non-foliated Rocks

يعد هذا النوع من الصخور المتحولة الصلبة لانها غير متورقة وتكونت بفعل الحرارة الشديدة ومن أنواعها الهورنفلس(Hornfles) والرخام(Marble) والكوارتزيت(Quartzite) والسر بتينات.

ت- صخور كاتاكلاستيكية Cataclastic Rocks

يتكون هذا النوع من الصخور نتيجة للتحول الديناميكي الناتج عن الضغط دون التأثير الحراري ، ويكون بعضها متورق والبعض الأخر غير متورق ومن أنواعها المايلونيت(Mylonite) .[6]

توجد الصخور المتحولة في الطبيعة بأنواعها المختلفة وتظهر بقطاعات متباينة،والشكل (5-25)نماذج من الصخور المتحولة.



المبحث الثالث- الخصائص الكيميائية والفيزيائية للصخور

اولا-التركيب المعد ني :

تتباين الصخور في تركيبها المعدني وهذا ما يميزها عن بعضها لاختلاف خصائص تلك المعادن حسب مصدر نشأتها، اذ تكونت تلك المعادن بعدة طرق منها ما يأتي:

أ- التبلور المباشر من الصهير البركاني وخاصة معادن الصخور النارية .

ب- التبلور في محاليل مائية مثل الصخور الرسوبية الكيميائية.

ت- إعادة ترتيب عناصر او ذرات معادن سابقة التكوين،اذ يترتب على ذلك إزالة او إضافة بعض العناصر أو الذرات، كما هو الحال في الصخور الرسوبية الميكانيكية او الفيزيائية.

ث - تحلل بعض المركبات العضوية فتتحرر بعض العناصر والمعادن منها والتي تتحد مع بعضها مكونة بعض الصخور مثل الصخور الرسوبية العضوية.

ج- تغير خصائص بعض المعادن نتيجة للضغط والحرارة الشديدين مثل معادن الصخور المتحولة.

وقد تحدث تفاعلات بين اكاسيد بعض المعادن الفلزية والماء فينتج عنها مواد قاعدية مثل تفاعل أو كسيد الكالسيوم مع الماء فينتج هيدروكسيد الكالسيوم. $Cao + H_2o = Ca(OH)_2$ يحدث تفاعل بين ثاني أو كسيد الكربون والماء فينتج حامض الكاربونيك المخفف الذي له القابلية على التفاعل مع العديد من المعادن فيعمل على أضعاف تماسكها. $Co_2 + H_2o = H_2co_3$ ،كما يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حامض الكاربونيك فينتج ملح الطعام.

ومن خصائص المعادن التباين في صلابتها وقد تم تقسيمها الى عشرة مستويات تبدأ من معادن هشة درجة واحده مثل التلك الى صلبة جدا عشرة درجات مثل الماس،كما تتباين تلك الصخور في نشأة المعادن التي تتضمنها فبعضها قديمة مثل الاولفين والبعض الأخر حديثة مثل الكوارتز.[7]

وبما ان الصخور تنتشر في الطبيعة بأنواع مختلفة وفي بيئات متباينة لذا تباينت قوة التأثر اعتمادا على نوع المعادن التي تتضمنها تلك الصخور وطبيعة البيئة، وعلى العموم تكون الصخور النارية اقل تأثرا من الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية،اذ تتكون الأولى من الكوا رتز الذي يعد من المعادن الصلبة في حين يسود الصخور الرسوبية الكربونات التي تعد من المعادن الضعيفة المقاومة، وحتى في النوع الواحد من الصخور يتباين التأثير مثل الصخور النارية الجرانيتية اكثر صلابة من البازلتية لاحتوائها على نسبة عالية من الكوارتز، وكذلك الحال الصخور الرسوبية تعد العضوية والفيزيائية اقل مقاومة من الكيميائية، اما المتحولة فحسب مصدر تحولها فالمتحولة من النارية اكثر صلابة من الرسوبية المتحولة.

كما ان الصخور في المناطق الرطبة اكثر تأثرا من الصخور في المناطق الجافة، والتي في المناطق الحارة اكثر تأثرا من المناطق الباردة، فبعض المعادن لها القابلية على الذوبان بالماء واخرى لها القابلية على امتصاص الماء فيكبر حجمها، ومعادن ذات معامل تمدد حراري عال واخرى ذات تمدد حراري واطئ، ففي المناطق الحرة تعمل تلك المعادن على تفكك الصخور التي تحتويها فتقلل من صلابتها.

يتضح مما تقدم ان التعرف على نوعية الصخور ونوع المعادن المكونة لها ذا أهمية كبيرة في اقامة المشاريع المختلفة التي تستخدم تلك الصخور او تقام فوقها، ويجب اختيار النوع المناسب للبيئة لتجنب المشاكل التي يتوقع حدوثها في حالة استخدام نوع غير ملائم للبيئة، ويحتاج ذلك الى الاستعانة بالمختبرات الخاصة بتحليل الصخور لمعرفة نوعها

وطبيعة تركيبها الكيميائي، رغم قدرة بعض المختصين على تمييز بعض انواع الصخور ذات الخصائص الواضحة ألا انه من الصعب تمييز الصخور المتشابهة في المظهر ومتباينة في التركيب.

2- المسامية Porosity

وتعني الفجوات والفراغان التي تتضمنها الصخور والتي تختلف من نوع لاخر ،فالصخور الرسوبية اكثر مسامية من النارية والمتحولة لان النارية متكتلة ناتجة عن صهير ذات كثافة عالية لاتسمح بوجود المسامات الا على نطاق محدود جدا،في حين تكون الرسوبية طبقية بشكل عام وتكونت بطرق مختلفة ساعدت على وجود المسامات فيها وبشكل متباين من نوع لاخر ،وتتأثر المسامية بعدة عناصر كحجم الحبيبات وشكلها وترتيبها والمادة اللاصقة، فضلا عن الشقوق والكسور التي تتخلل تلك الطبقات، وتزداد المسامية في الصخور ذات الحبيبات المتجانسة وتقل في الصخور ذات الحبيبات المختلفة الحجم،وتتضمن الصخور نوعين من المسامات بشكل عام هي:

أ- مسامات بين حبيبات الصخور وتختلف أحجامها حسب نوع الصخور اذ تكون صغيرة جدا في الصخور الطينية وتقل في الطفل والإردواز، في حين تكون كبيرة في الحصى والرمل.

ب- مسامات كتلية مثل الشقوق والمفاصل والفراغان التي توجد بين الطبقات والتي تزداد سعة بواسطة عمليات التعرية والتجوية،وتصنف المسامية في بعض الأحيان الى اصليه وهي التي وجدت مع تكون الصخور ,وثانوية ناتجة عن تعرض الصخور الى عمليات اسهمت في تشققها وتصدعها.[8]

وتقاس المسامية بالنسبة المئوية، أي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للصخرة، وحسب القانون الأتي:

$$P= \frac{w}{v}$$

W حجم الماء اللازم لمليء الفراغان

V حجم الصخرة

ويمكن الحصول على قيمة (W) من خلال وزن الصخرة وهي جافة ومشبعة بالماء والفرق في الوزن يمثل حجم الفراغات .

3- النفاذية Permeability

تعني النفاذية حركة المياه ضمن التكوينات الصخرية، وهذه الخاصية تختلف من نوع لاخر ولاتعني ان الصخور المسامية جميعها نفاذية حيث توجد بعض الصخور مسامية ولكن غير نفاذية لعدم اتصال المسامات ببعضها أفقيا ورأسيا، وفي اغلب الأحيان تكون المسامات رأسية لذا عندما تقاس مسامية مثل تلك الصخور تكون عالية الاانها لا تتصل ببعضها بما يسمح للمياه بلانتقال عبرها من مكان لاخر لذا تعد قليلة النفاذية، وتعد الصخور الرسوبية الجيرية

عالية المسامية والنفاذية،ويتم قياس النفاذية بواسطة تمرير سائل عبر الطبقات الصخرية التي يراد قياس نفاذيتها فكلما كان السائل سريع المرور عبر تلك الطبقات يعني النفاذية جيدة ، ويستخدم قانون دارسي لبيان مقدار النفاذية :

$$K = \frac{Q \times h}{A \times L}$$

K : معامل النفاذية (سم/ ثانية)

Q: حجم السائل المار في الصخور خلال فترة زمنية معينة(سم^3 / ثانية).

h الفرق الرأسي في عمود السائل او الماء.

A : مساحة النموذج (سم^2).

L : طول النموذج (سم).

وقد أثبتت التجارب والقياسات الحقلية ان نفاذية الصخور تقل بزيادة عمق الطبقات لقلة المسامات وزيادة التماسك ولتأثير ضغط الطبقات العليا على السفلى.[9]

المبحث الرابع–التراكيب الصخرية الاولية

تحتوي الصخور بأنواعها تراكيب متنوعة، وتعد مؤشرا على مدى قوة وضعف تلك الصخور،اذ تتضمن جميع انواع الصخور تراكيب اولية تعود إلى طبيعة تكون تلك الصخور وكيفية وجودها في الطبيعة، وتختلف تلك التراكيب حسب نوع الصخور، وكما يأتي:

اولا– التراكيب الاولية في الصخور النارية:

تغطي الحمم البركانية المتدفقة من باطن الارض مساحات شاسعة من المناطق التي تنساب نحوها وتتخذ أشكالا متنوعة حسب درجة لزوجة الصهير وتركيبه الكيميائي وحرارته، فالحمم القاعدية كالبازلت ذات لزوجة منخفضة لذا ينساب هذا النوع من الصهير لمسافات طويلة،اما الحمم الحامضية الجرانيتية عالية اللزوجة لذا تتراكم حول فوهات البراكين التي تندفع منها مكونة كتلآ صلبة ذات جوانب شديدة الانحدار، وعليه تتضمن الصخور النارية تراكيب اولية متنوعة منها ما يأتي:

1– التركيب الفجوي واللوزي:

تحتوي معظم الحمم البركانية على نسبة كبيرة من الغازات التي تتحرر لانخفاض الضغط المسلط عليها عند خروج الصهير من باطن الارض،وينتج عن ذلك تمدد الصهير في مواضع وجود الغازات فتتكون فجوات كروية اوبيضوية او أسطوانية او غير منتظمة، وقد يؤدي خروج تلك الغازات بكمية كبيرة وخاصة من الصهير المنخفض الزوجة الى تكون كتل رغوية قليلة الكثافة وخفيفة الوزن تسمى صخور الخفاف، وعلى العموم توجد الفجوات في أماكن مختلفة ضمن كتل الصخور النارية، وفي البعض منها تتركز في المناطق الملامسة لسطح الا رض بسبب خروج غازات من

باطن الارض عن طريق الشقوق والثقوب التي توجد في الطبقات التي تحتها ، ومعظم تلك الفجوات أسطوانية الشكل لانها تمتد مع الشقوق او الفواصل التي تخرج منها الغازات، وقد تتجمع في تلك الفجوات المياه التي يحتويها الصهير الشديدة الحرارة والمحتوية على مواد ذائبة وعالقة تتركها في تلك الفجوات بعد جفافها، كما يؤدي مرور المياه عبر تلك الفجوات بمرور الزمن الى ملئها بالرواسب التي تكون متميزة في اللون والتركيب الكيميائي والفيزيائي عن الصخور التي توجد فيها، لذا تعرف بالتركيب اللوزي لانها تشبه اللوز في المعجنات، وتعد تلك الفجوات مواضع ضعف في تلك الصخور لانها غير متجانسة مع تكوينها فتتركز عمليات التعرية والتجوية فيها فتقلل من صلابة تلك الصخور.[10]

شكل(5-26) صورة للتركيب اللوزي في الصخور النارية.



2- تراكيب الحمم الكتلية والحبلية:

يتخذ الصهير البركاني أشكالا مختلفة فوق سطح الارض حسب كثافته، فالصهير العالي اللزوجة يتراكم فوق بعضه وتند فع الكتل العليا نحو الجوانب مكونة كتل خشنة غير منتظمة وذات أبعاد متباينة،اما الصهير المنخفض اللزوجة فينساب نحو المناطق المجاورة لفوهة البركان مغطيا مساحات واسعة وعلى مستويات متباينة في ارتفاعها وتميل الى الانتظام والنعومة اكثرمن النوع السابق، وتشبه في امتدادها الحبال الغليظة ولهذا تسمى بالحبلية، ويسود هذا النوع في الصخور البازلتية.

3- تراكيب الحمم الوسادية:

ينتشر هذا النوع من التراكيب في الحمم البازلتية التي تنساب بسهولة وتبرد ببطيء فتزداد لزوجتها حتى تقترب من التصلب فتتحول الى كتل طولية متوازية وقصيرة تشبه الو سادات الطويلة، ويكون جزئها العلوي قشري او ذات غطاء زجاجي رقيق.

4- تراكيب انسيابية:

يختلف الصهير البركاني المندفع من باطن الارض في تركيبه الكيميائي والكثافة وما يحتويه من غازات ودرجة حرارة تبلوره، وتظهر اثار ذلك على طبيعة التراكيب التي تتضمنها الصخور المتكونة من الصهير، اذ يكون بعضها على

شكل طبقات متبادلة أو متداخلة متميزة في تركيبها الكيميائي أو النسيج او كليهما، وعلى العموم يسود نوعان من التراكيب الانسيابية هما:

أ- تركيب انسيابي مسطح:

يظهر هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن مسطحة او قرصية ومرتبة بشكل متوازي او شبه متوازي مثل رقائق المايكا أو مغزلية الشكل، وينشأ نتيجة لاختلاف طفيف في درجة لزوجة الصهير وتركيبه المعدني.

ب- تركيب انسيابي خطي:

يسود هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن ابرية او منشوريه او مغزلية مرتبة بشكل متوازي او شبه متوازي وممتدة بشكل طولي اوافقي خطي، وقد تتضمن بعض الصخور هذين التركيبين.[11]

ثانيا- التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية:

تتضمن الصخور الرسوبية تراكيب اولية اكثر من بقية انواع الصخور الاخرى والمتمثلة بما يأتي:

1-التطبيق والترقق:

تعد الصخور الرسوبية من اكثر انواع الصخور تغيرا في مظهرها الرأسي لانها تتكون من طبقات متميزة ترى بالعين المجردة، وكل طبقة ذات مستويين متميزين علوي وسفلي وسمك متباين يتراوح مابين 1سم وعدة أمتار، آي تظهر الصخور الرسوبية على شكل طبقات تختلف عن بعضها في اللون والنسيج وحجم الحبيبات والتركيب المعدني، فكل طبقة تكونت في ظروف معينة جعلتها متميزة عما فوقها وتحتها من الطبقات، وعلى العموم يوجد نوعان من التطبيق في الصخور الرسوبية هما:

أ- تطبيق مباشر او أساسي:

يتكون هذا التطبيق منذ ترسيب الطبقات واتخاذها الشكل النهائي وقبل ان تتعرض لآي تغيير،شكل (5-27)طبقات صخرية مباشرة.



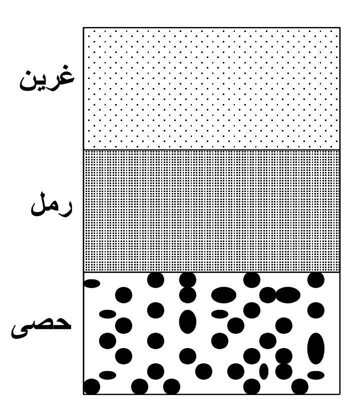
ب- تطبيق غير مباشر او ثانوي:

يتكون هذا النوع عندما تتعرض الرواسب الى عمليات تعرية وتجوية وتحت ظروف معينة وتنقل المواد الى أماكن أخرى فتكون طبقات جديدة تختلف في وضعها عما كانت عليه في السابق.

اما الترقق فالمقصود به احتواء بعض الطبقات الصخرية على معادن قرصية وصفيحية رقيقة جدا بحيث يصعب تمييز حجم الحبيبات المكونة لها بالعين المجردة.[12]

2-التطبيق المتدرج:

يظهر هذا النوع من التطبيق في الصخور التي تتكون من حبيبات مختلفة الحجم مثل الحصى والرمل والطين ،اذ تتكون طبقات متدرجة في حجم الحبيبات فتكون الخشنة في الاسفل ثم تعلوها المتوسطة الخشونة وفي الأعلى الناعمة، بحيث تظهر طبقات متميزة في النسيج وبشكل متدرج شكل (5- 28)، وربما تتكرر الحالة وبنفس الانتظام في فترات لاحقة، وبصورة عامة تكون الطبقات غير سميكة وتتراوح ما بين 1سم وبضع أمتار .[13]



3- التطبيق المتقطع:

يحدث في بعض التراكيب الصخرية تطبيق غير موازي لمستوى الترسيب ويكون بشكل مائل ويعود ذلك الى طبيعة نشأتها، اذ لا يكون الترسيب بشكل مستمر بل متقطع وفي الغالب فترة الانقطا ع طويلة، وعند تكرار عملية الترسيب فالطبقة الجديدة لا تندمج وتتجانس مع القديمة وتظهر أسطح انفصال بينهما رغم امتدادها بشكل افقي وبمستوى الطبقة السابقة، وهذا يعني ان الشكل الخارجي لا يعبر عن طبيعة امتدادها ولذلك يسمى هذا النوع من التطبيق في بعض الأحيان بالتطبيق الكاذب، ويعود التطبيق في تكوينه الى التيارات المائية المختلفة السرعة والاتجاه، شكل (5- 29) نماذج من التطبيق المتقطع .[14]



وقد لا تتشابه الطبقات في نوع الترسبات وحجمها، ويعود ذلك الى سرعة التيار، كلما كان سريعا ازدادت قدرته على حمل الرواسب ومنها الخشنة، وبالعكس تقل قدرته مع قلة سرعته فيحمل الرواسب الناعمة فقط، ونتيجة لذلك تظهر بعض الطبقات خشنة الرواسب واخرى مجاورة لها من الجوانب او من الأعلى والأسفل ناعمة الرواسب، شكل (5-30)مقاطع لصخور متباينة الترسبات، وهذا يقلل من تماسك تلك الطبقات ويضعف قوتها فتؤثر فيها عمليات التعرية والتجوية بسرعة.

اتجاه التيار

الحجم	النوع
غرين - طين CLAY - SILT	ترقق متحاذ PARALLEL LAMINATION
غرين - رمل ناعم SILT- FINE SAND	
رمل ناعم - متوسط الخشونة MEDIUM- FINE SAND	تطبق متقاطع صغير المقاس SMALL-SCALE CROSS-BEDDING
حصوى - رمل خشن GRANULE-COARSE SAND	تطبق متقاطع كبير المقاس LARGE - SCALE CROSS - BEDDING
حصيات PEBBLES	

4- التوافق وعدم التوافق:

توجد الصخور الرسوبية في الطبيعة على شكل طبقات متباينة في السمك والتكوين، وتمتد بشكل افقي وموازية لبعضها البعض ويسودها نوع من الانتظام ، أي يسود التوافق في امتداد الطبقات الصخرية ،ولكن غير متجانسة ومتماسكة لذا تكون ضعيفة الصلابة.

ان تعرض بعض المناطق الى حركات التوائية وتكتونية آثرت على طبيعة امتداد تلك الصخور فادت الى التواء الطبقات الحديثة التكوين وانكسار الطبقات القديمة، وتتوقف شدة التأثير على قوة الحركة كلما كانت قوية ازداد تأثيرها وتعمل على انكسار طبقات الصخور القديمة والحديثة، وتظهر اثار التشويه واضحة في الامتداد الأفقي لتلك الطبقات

الصخرية التي تتعرض للانكسار او الالتواء، وقد يرافق هذا التغير عمليات تعرية وتجوية اكثر من السابق، وحدوث ترسيب لاحق على نطاق واسع فينتج عن ذلك حالات عدم توافق وباشكال مختلفة منها ما يأتي:

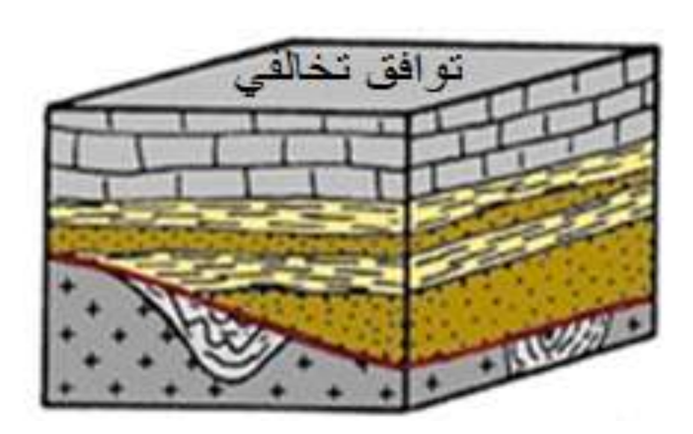
أ- عدم توافق زاوي:

يتكون هذا النوع من التراكيب في الصخور الرسوبية التي تتعرض طبقاتها القديمة السفلى الى نشاط تكتوني قبل ترسيب الطبقات الحديثة العليا فيؤدي الى ميل الطبقات القديمة عن وضعها الأفقي، في حين تمتد الطبقات الحديثة بشكل افقي فينتج عدم توافق بين الطبقتين،وعلى شكل زاوية لذا يسمى الزاوي او الزاو. شكل (5- 31) عدم توافق زاوي.



ب- عدم توافق تخالفي:

يظهر هذا النوع من التراكيب في المناطق التي ترسبت فيها الصخور الرسوبية فوق النارية او المتحولة فتكونت أسطح عدم توافق بين نوعي الصخور المختلفة في خصائصها الطبيعية، لذلك يسمى عدم توافق تخالفي،شكل (5-32) مخطط للتوافق التخالفي.



ت-عدم توافق انقطاعي:

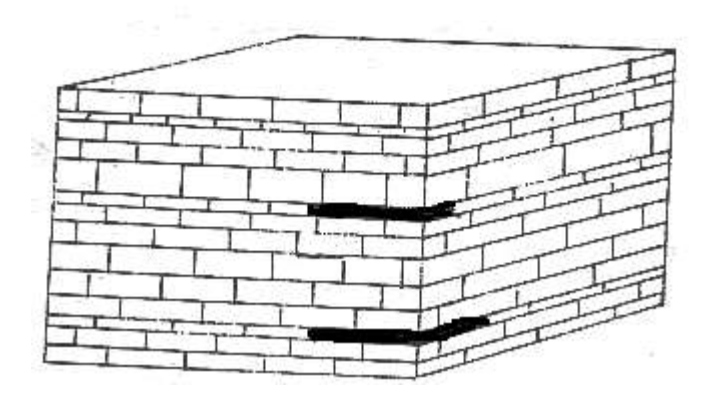
يوجد في الطبقات الصخرية المتشابهة في تركيبها الكيميائي والفيزيائي الا أنها غير متوافقة في الامتداد لانها تكونت في فترات مختلفة،أي تكونت الطبقة القديمة وتعرضت الى عمليات تعرية وتجوية ادت الى تأكل أجزاء مختلفة من تلك الطبقة ،بحيث تنخفض الأجزاء الضعيفة وتبقى الأجزاء القوية مرتفعة،وبعد ذلك تحدث عمليات ارساب لاحقة

تؤدي الى تكون طبقات حديثة فوق القديمة ،والتي لا تتوافق معها في الامتداد رغم التشابه في التكوين،شكل (5-33) عدم توافق انقطاعي.



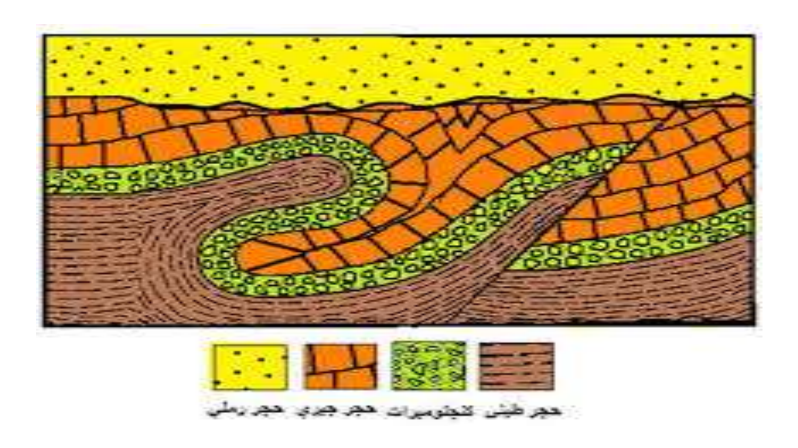
ث-عدم توافق غير واضح:

يظهر هذا التركيب في الطبقات التي تتكون من عدة طبقات وتتضمن بينها طبقات محدودة السمك والمساحة ومختلفة النوع او التركيب فتتكون أسطح عدم توافق موازية للامتداد الأفقي،مثل وجود طبقة من الصخور المتحولة وسط طبقات صخرية رسوبية،والتي لاتكن واضحة ولا يسهل تمييزها لذلك يسمى عدم توافق غير واضح.[15] شكل (5-34) مخطط لعدم توافق غير واضح.



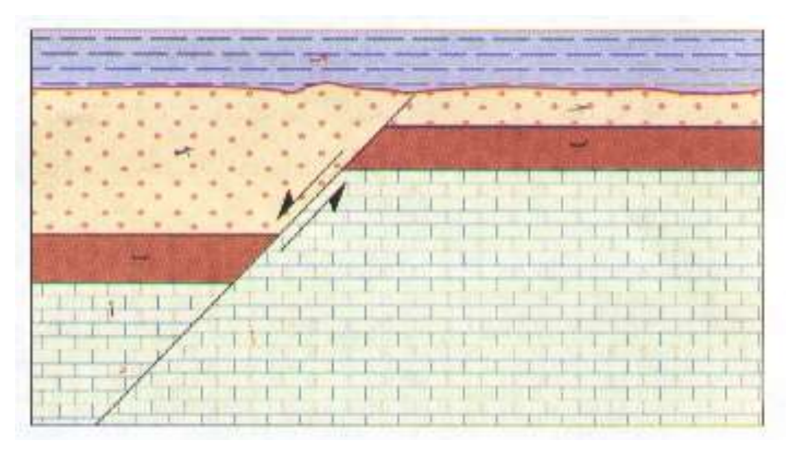
ج- عدم توافق متموج :

يوجد هذا النوع من التراكيب في الصخور الرسوبية الحديثة التكوين التي تعرضت الى حركات التوائية وتكتونية عملت على التوائها ثم تعرضت الى عمليات التعرية والتجوية لفترة طويلة من الزمن فأدت الى تأكل الأجزاء العليا وخاصة الضعيفة، وبقيت الأجزاء الصلبة تعلو ما حولها،اذ تركزت التعرية في الأجزاء المحدبة في حين تعرضت الأجزاء المقعرة لعمليات ترسيب ادت الى رفع مستواها ولكن اقل من المحدبة فيظهر سطحها متموج،وبعد فترة زمنية طويلة تتعرض تلك المنطقة الى عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها تكون طبقات حديثة تختلف في التركيب المعدني والامتداد عن القديمة، فتظهر حالة عدم توافق واضحة ومتميزة اكثر من غيرها، شكل (5-35).



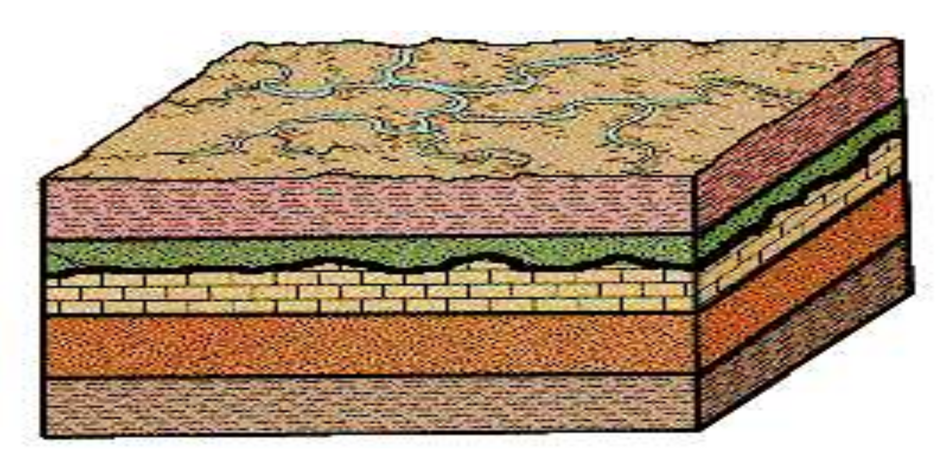
ح-عدم توافق انكساري:

يظهر هذا التركيب في الصخور الرسوبية القديمة التكوين التي تعرضت الى حركات مختلفة ادت الى انكسار الطبقات فاتخذت أشكالا مختلفة عن الوضع الذي كانت علية،اذ ارتفعت أجزاء وانخفضت أخرى بحيث اتخذت وضعا مائلا عن الوضع الأفقي،او قد ينتج عن الانكسار زحف أحد الاطراف المكسورة جانبيا، المهم يتغير الوضع الطبيعي للطبقات الصخرية فتتعرض لعمليات التعرية والتجوية، ومن ثم عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها طبقات جديدة تختلف في امتدادها وتركيبها عن الطبقات القديمة،ويظهر في هذا النوع حالة عدم التوافق اكثر وضوحا من الأنواع الأخرى،ولهذه التراكيب أهمية كبيرة لانها تمثل مكامن لتجمع المعادن والمياه والنفط،الا انها ذات مخاطر على المشاريع الهندسية التي تنفذ فوق تلك المناطق،شكل (5- 36)عدم توافق انكساري.



خ- عدم توافق متعرج

تتعرض بعض اسطح الصخور الى عمليات التعرية فتتحول الى مظهر متموج يشبه شكل تموج الرمال الخفيف،ثم تتعرض الى عمليات ارساب لاحقة،فتكون اسطح الانفصال بينها متعرجة وغير متماسكة،حتى وان كانت الرواسب متشابهة،فتكون تلك الاسطح مواضع ضعف في الطبقات الصخرية،شكل(5-37)مخطط لعدم توافق متعرج.



5-العقد والفجوات الصخرية:

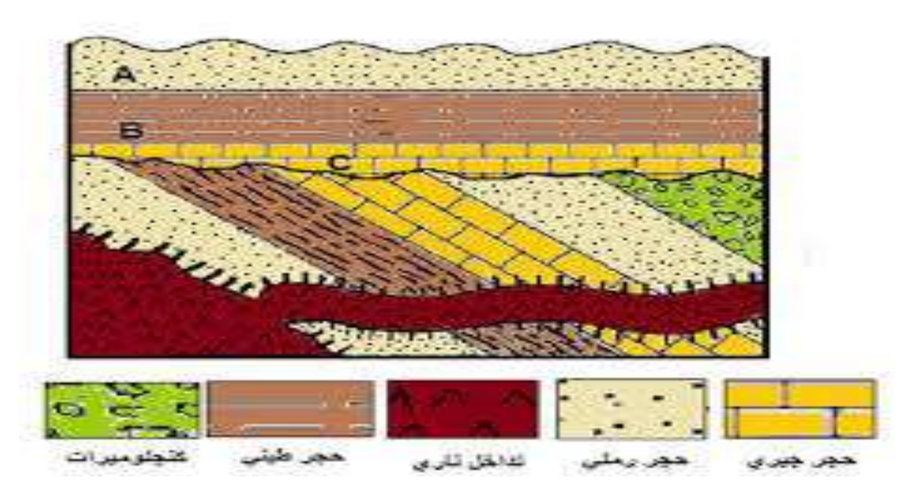
تتضمن بعض طبقات الصخور الرسوبية عقد وفجوات مختلفة الاشكال وتنتشر بشكل مبعثر ضمن تكوينات الطبقة الصخرية الواحدة، كما أنها ذات تراكيب كيميائية مختلفة عن الصخور التي تحتويها،ويتخذ بعضها شكلا خطيا متصل اومتقطع وموازي لامتداد الطبقات الصخرية،ويحتل بعض العقد أجزاء من الفواصل بين الطبقات،وقد يمر عبر تلك الفجوات مياه ساخنة تحمل معها معادن ومواد عضوية متنوعة يترسب بعضها في تلك الفجوات فتتصلب بمرور الزمن مكونة عقد تختلف في تركيبها عن الصخور التي تضمها ومتخذة أشكال متنوعة مستطيلة او كروية او بيضوية أو غير منتظمة،وتعد تلك الفجوات مراكز ضعف تنشط فيها عمليات التعرية والتجوية فتقلل من قوة تماسك تلك الصخور.[16] شكل (5- 38) صور لصخور لوزيه.



ثالثا-التراكيب الاولية في الصخور المتداخلة:

تتداخل الصخور في باطن الارض مع بعضها ويظهر ذلك واضحا بين النارية والرسوبية عندما يندفع الصهير البركاني عبر صخور القشرة الارضية فتعمل على تغيير خصائص بعض المعادن الفيزيائية والكيميائية بواسطة عملية الإحلال المتبادل بين التكوينات الجديدة والقديمة، فتتحول بعض الصخور القديمة الى نوع آخر نتيجة للحرارة العالية.

وقد يترتب على تلك العملية تباين حجم الحبيبات التي تتكون منها الصخور ، بعضها ذات حبيبات خشنة والبعض الأخر ناعمة،ويعتمد ذلك على حجم كتلة الصهير المتداخلة ففي الكتل الكبيرة يسود النوع الخشن وفي الكتل الصغيرة يسود الناعم بسبب تبرد النوع الأخير بسرعة فتتبلور الحبيبات أيضا بسرعة وبحجم صغير ، شكل(5−39)طبقات صخرية متداخلة.



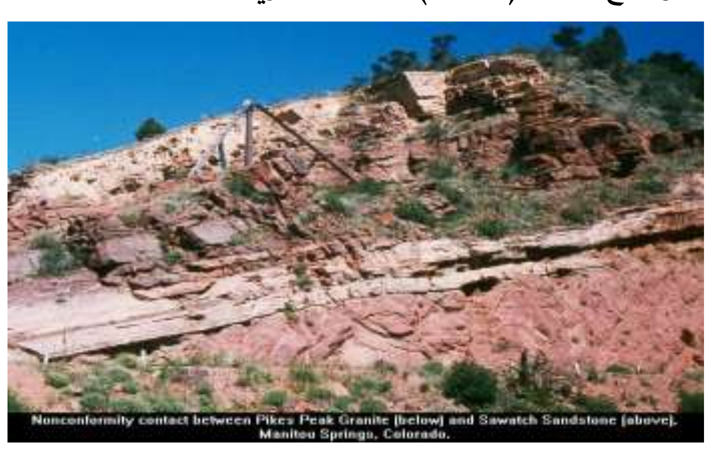
المبحث الخامس− التراكيب الثانوية في صخور القشرة الارضية

اولا− الفواصل Joints

وهي مستويات او أسطح انفصال توجد في جميع انواع الصخور ، وتكون بأشكال مختلفة حسب طبيعة تكون كل نوع من الصخور ،ويمثل بعضها الحدود الفاصلة بين طبقة واخرى، والبعض الأخر يوجد ضمن الطبقة الواحدة، وانها لا تؤدي الى تحرك الكتل الصخرية التي تفصل بينها بل تضعف من تماسكها وتجعلها عرضة لتأثير عوامل التعرية والتجوية، وتظهر الفواصل على نطاق واسع في الصخور الرسوبية، وتكون في اتجاهات متعامدة أي رأسية وأفقية وعلى مسافات متباينة تتراوح ما بين عدة سنتمترات وعدة أمتار ، وتقل تلك الفواصل في الصخور النارية لانها كتلية وتظهر في الصخور الجرانيتية اكثرمن البازلتية،وتساعد تلك الفواصل على انفصال الكتل الصخرية عن بعضها عند تعرضها الى قوى مؤثرة تعمل على تحرك الكتل المنفصلة من مكانها،شكل (5−40) نماذج لبعض انواع الفواصل .

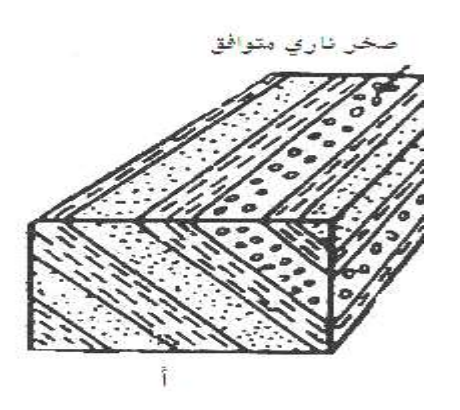


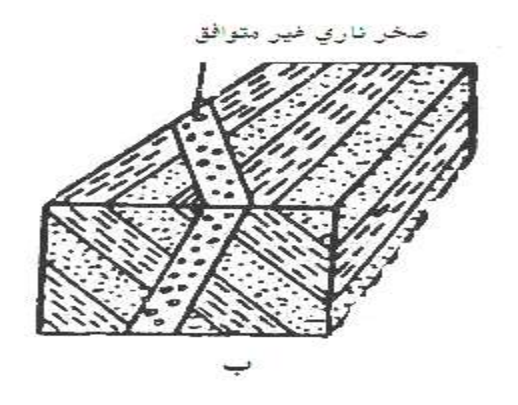
ومن الجدير بالذكر ان بعض مستويات الانفصال تكون مجعدة أو متموجة نتيجة لانكماش الصهير بعد تبرده بالنسبة للصخور النارية الجرانيتية أو لتعرضها الى حركات أرضية التوائية اوتكتونية بطيئة،ويظهر أيضا في المناطق التي تعرضت الى حركات المد والجزر والمناطق الرملية التي تعرضت إلى رياح عملت على تجمعها بشكل متموج,أي تكون ظاهرة النيم،وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تماسكت وتصلبت بحيث حافظت على شكلها بعد ان ترسبت فوقها طبقات غير مشابهة لها في نوع الرواسب، لذا تبقى أسطح الانفصال واضحة بينهما وبشكل متموج،وتساعد تلك الفواصل على تنشيط عمليات التعرية والتجوية واضعاف قوة وتماسك الصخور ،والذي تنعكس أثاره على النشاط البشري القائم اوالذي سيقام فوق تلك المواضع ،شكل (5-41)طبقات صخرية متداخلة.


Nonconformity contact between Pikes Peak Granite [below] and Sawatch Sandstone [above]. Manitou Springs, Colorado.

ومن الجدير بالذكر ان الصخور المتداخلة قد تكون متطابقة او متوافقة في امتدادها فتظهر الحدود الفاصلة بينهما موازية لمستويات التطابق في الصخور القديمة.

وقد تكون الصخور غير متوافقة مع بعضها في امتادها ونوعها،مثلا تتقاطع الصخور النارية الجديدة في امتدادها مع مستويات التطبيق في الصخور الرسوبية القديمة، شكل (5- 42) مخططات تبين المتوافقة وغير المتوافقة.[17]



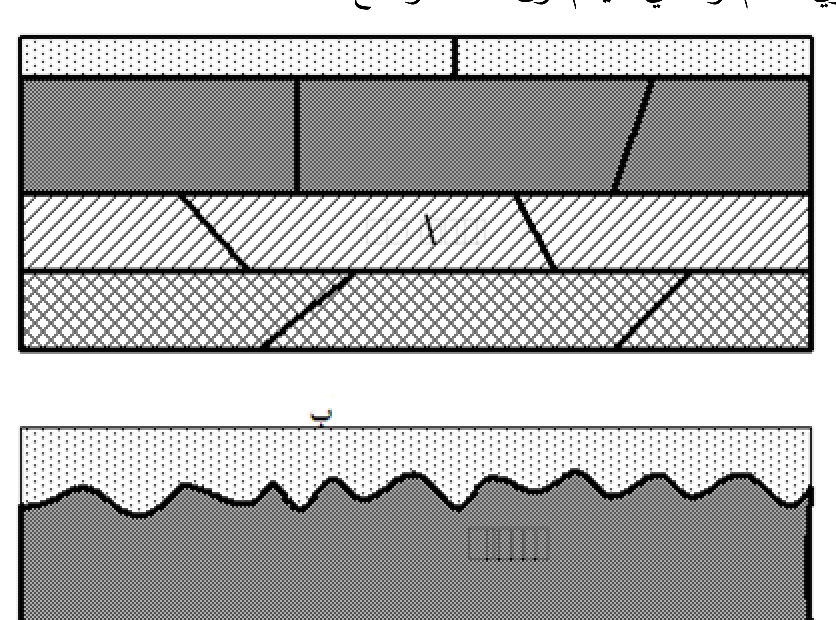


ثانيا- التراكيب الثانوية :

أ- الفواصل Joints

وهي مستويات او أسطح انفصال توجد في جميع انواع الصخور وتكون بأشكال مختلفة حسب طبيعة تكون كل نوع من الصخور ، ويمثل بعضها الحدود الفاصلة بين طبقة واخرى والبعض الأخر يوجد ضمن الطبقة الواحدة، وانها لا تؤدي الى تحرك الكتل الصخرية التي تفصل بينها بل تضعف من تماسكها وتجعلها عرضة لتأثير عوامل التعرية والتجوية، وتظهر الفواصل على نطاق واسع في الصخور الرسوبية وتكون في اتجاهات متعامدة أي رأسية وأفقية وعلى مسافات متباينة تتراوح ما بين عدة سنتمترات وعدة أمتار ، وتقل تلك الفواصل في الصخور النارية لانها كتلية وتظهر في الصخور الجرانيتية اكثرمن البازلتية، وتساعد تلك الفواصل على انفصال الكتل الصخرية عن بعضها عند تعرضها الى قوى مؤثرة تعمل على تحرك الكتل المنفصلة من مكانها، شكل (5– 43أ) بعض انواع الفواصل .

ومن الجدير بالذكر ان بعض مستويات الانفصال تكون مجعدة أو متموجة نتيجة لانكماش الصهير بعد تبرده بالنسبة للصخور النارية الجرانيتية أو لتعرضها الى حركات أرضية التوائية اوتكتونية بطيئة، ويظهر أيضا في المناطق التي تعرضت الى حركات المد والجزر والمناطق الرملية التي تعرضت إلى رياح عملت على تجمعها بشل متموج, أي تكون ظاهرة النيم، وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تماسكت وتصلبت بحيث حافظت على شكلها بعد ان ترسبت فوقها طبقات غير مشابهة لها في نوع الرواسب, لذا تبقى أسطح الانفصال واضحة بينهما وبشكل متموج، شكل (5– 43ب) ، وتساعد تلك الفواصل على تنشيط عمليات التعرية والتجوية واضعاف قوة وتماسك الصخور والذي تنعكس أثاره على النشاط البشري القائم او الذي سيقام فوق تلك المواضع.

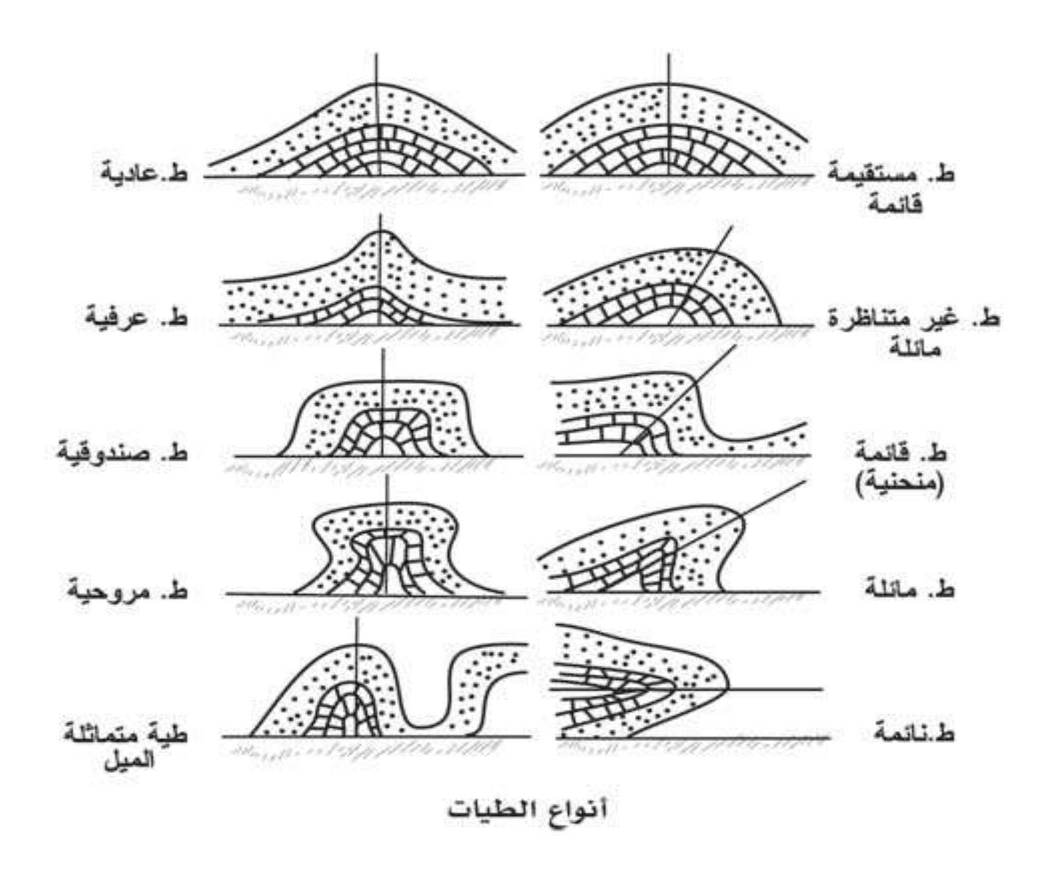


ب– الثنيات او الطيات Folds

تتكون الثنيات او الطيات نتيجة لتعرض الطبقات الصخرية الى حركات أرضية مختلفة وتكون واضحة في الطبقات الحديثة التكوين وقليلة الصلابة، اذ تتكون ثنيات محدبة او مقعرة وتكون على انواع كالنائمة والمقلوبة والقبابية

والمتماثلة والأحادية الميل.[18] شكل (5–44)مخططات لانواع الثنيات او الطيات، ويعد هذا النوع من التراكيب الثانوية ذا أهمية كبيرة،اذ تمثل بعض تلك الطيات مكامن جيدة لتجمع الرواسب المعدنية او النفط اوالمياه الجوفية، الاانها ذات مخاطر بالنسبة للمشاريع الهندسية كالعمران والطرق والجسور والسدود والخزانات لما ينتج عنها من مشاكل موضعية حسب نوع تلك الطيات والصخور المكونة لها وطبيعة المشروع.[18]

شكل (5–45)نماذج من الطيات في صخور القشرة الارضية.



أنواع الطيات

شكل (5–45)نماذج من الطيات في صخور القشرة الارضية.





ج- الفوالق faults

تظهر الفوالق في المناطق التي تتعرض إلى حركات أرضية بطيئة او سريعة كالزلازل والبراكين فينتج عنها تحرك الطبقات المنكسرة عن بعضها رأسيا او أفقيا فيظهر فالق في الطبقات الصخرية، وقد يكون واضح في جميع الطبقات العليا والسفلى او يكون اكثر وضوحا في الطبقات تحت السطحية، ويمتد لمسافة طويلة تصل مئات الكيلومترات وبأعماق وسعات مختلفة، وتسمى في بعض الأحيان بالظواهر الخطية ، ولهذه الظاهرة فوائد ومخاطر ، فهي مكمن لموارد عدة من المعادن المختلفة والنفط والقار والمياه الجوفية ، فقد تظهر العيون على امتداد تلك الفوالق في العديد من مناطق العالم ، كما ينتقل عبرها بعض المواد السائلة كالنفط والقار ، وهذا ماحدث في العراق، اذ انتقل القار عبر فالق يمتد اكثر من 70 كم من منطقة وجوده في بداية الفالق منطقة ابو القير الى منطقة أخرى في نهايته مدينة هيت(فالق أبو القير. هيت) فقد ظهر القير في نهاية الفالق على شكل عيون، كما ظهر في تلك المنطقة عدد من عيون المياه المعدنية التي تستخدم للأغراض الطبية، وتحتوي بعض العيون كبريتيد الهيدروجين القابل للاشتعال، وتمت الاستفادة من المياه في الزراعة الا أنها غير صالح للشرب.

ومن المخاطر الناتجة عن الفوالق أنها تمثل مناطق ضعف وانها على العموم غير مستقرة وتحت تأثير نشاط تكتوني وهذا له تأثير سلبي على المشاريع التي تقام فوق تلك المناطق او بالقرب منها، وهذا ماحدث في مدينة هيت التي تقع عند نهاية الفالق، فقد ارتفعت مناسيب المياه الجوفية في المناطق المنخفضة من المدينة فأدت الى تدمير الأبنية ورفع نسبة الملوحة في التربة، رغم القيام بالعديد من الإجراءات التي تحد من ذلك،شكل (5-46)صورة لفوالق .







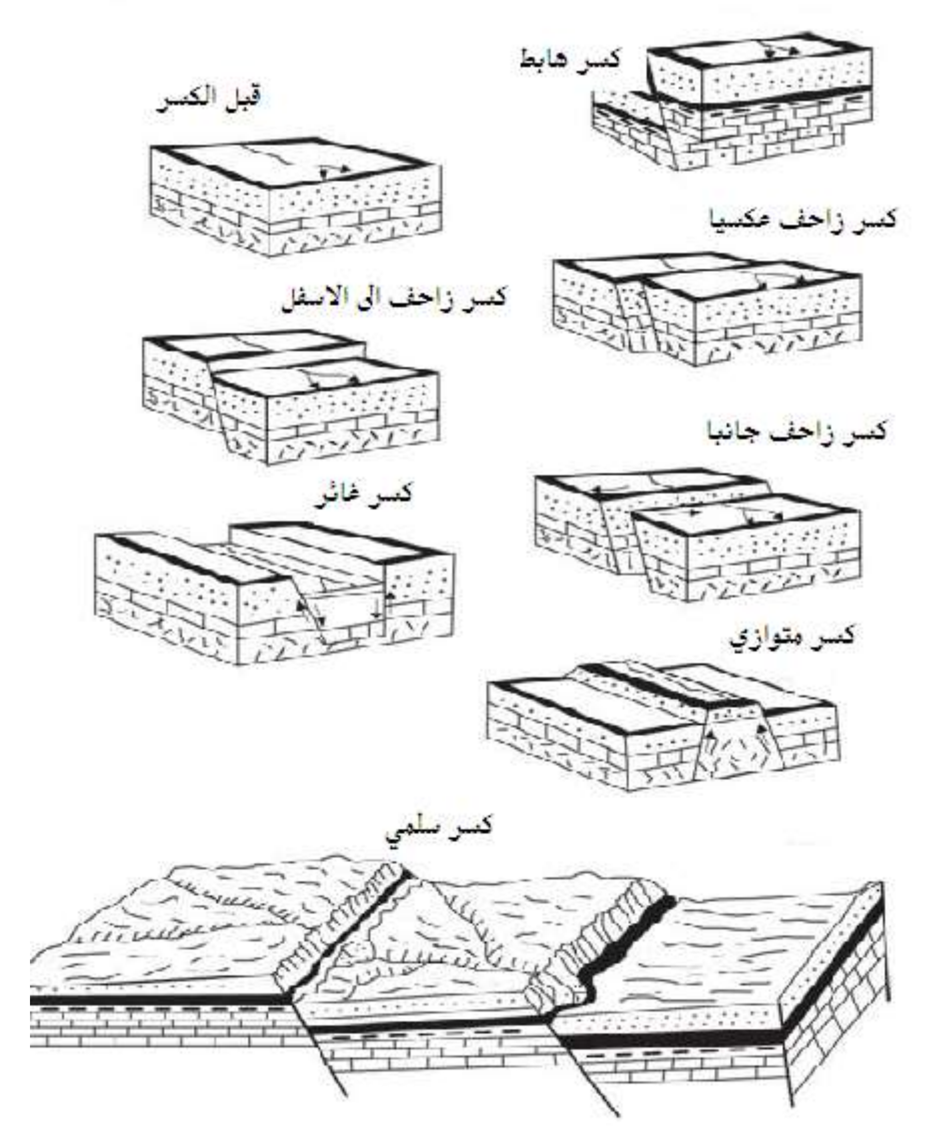

د- الانكسارات

تتعرض الطبقات الصخرية الى الانكسار تحت تأثير عوامل مختلفة خارجية وباطنية، وتتخذ الكتل المنكسرة أوضاعا مختلفة لتحركها رأسيا او اوافقياعن الكتلة اوالطبقة التي انفصلت عنها،وحسب اتجاه قوة التأثير, شكل (5-47) صور لبعض انواع الكسور في الطبقات الصخرية.



وقد تكون تلك والانكسارات متصلة عموديا وأفقيا وعلى مسافات متقاربة او متباعدة وتكون منتظمة او غير منتظمة،فقد تعمل المتقاربة على تفتت الكتل الصخرية وتمزيقها وذلك لتركز عمليات التعرية والتجوية في تلك الكسور، كما يكون لها الدور الفاعل في عمليات الانزلاق والزحف والسقوط الذي تتعرض له المنحدرات وبشكل متميز في الطبقات الصخرية المائلة مع الانحدار.

وقد ظهرت تصانيف لانواع الانكسارات التي تحدث في صخور القشرة الارضية، وقد لاتكن واضحة في كثير من الاماكن،وان ما يمثله واقع الحال للانكسارات هو ما توضحه الصور الحقيقية لبعض الكسور التي تم التقاطها من ارض الواقع كما في الصور اعلاه،ولغرض التوضيح الشكل (5-48)انواع الكسور حسب التصانيف المتداولة في الدراسات الجيومورفولوجية.[19]



المبحث السادس- طبيعة تواجد الصخور في القشرة الارضية

تتكون القشرة الارضية من طبقات صخرية يتباين سمكها من مكان لاخر كما مر ذكره،ويغطي تلك الطبقات في معظم الأماكن طبقة هشة من التربة متباينة السمك،في حين تظهر الصخور مكشوفة على سطح الارض في بعض المناطق.

وتتخذ الصخور اوضاعا مختلفة ضمن تكوينات القشرة الارضية،ومنها ما يلي:

اولا-الوضع الطبقي الافقي المنتظم:

تمتد طبقات الصخور بشكل متوازي ومستقيم وبسمك ونوع متباين،وقد تكون على مسافات طويلة تصل مئات الكيلومترات،شكل(5-49) طبقات صخرية افقية.



ثانيا–الوضع الطبقي المائل:

تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضع مائل اما الى الاسفل اوالى الاعلى،أي تنحرف عن الوضع الافقي،وتكون لمسافات قصيرة تصل الى عدة امتار ،شكل(5–50).



ثالثا–الوضع العمودي:

تظهر بعض الطبقات الصخرية في وضع غير مألوف وتكون عمودية الشكل،أي اتجاه الطبقات نحو الاعلى،شكل(5–51)صورة لطبقات صخرية راسية.



رابعا–الوضع غير المنتظم:

تظهر بعض التكوينات الصخرية في اماكن كثيرة من القشرة الارضية في وضع غير منتظم،وقد تمتد كتل صخرية في وضع افقي واخرى بشكل مائل اوعمودي،وتكون في اماكن محددة المساحة لاتتجاوز عدة امتار ،شكل(5–52) .



خامسا–الوضع المركب:

تمتد بعض الطبقات الصخرية بشكل مختلف،اذ تمتد كتل صخرية في وضع عمودي وتليها اخرى في وضع افقي،شكل(5–53)صورة لطبقات صخرية مركبة .



سادسا–الوضع المتداخل:

توجد الطبقات الصخرية في بعض الاماكن بشكل متداخل،فقد تمتد صخور نارية ضمن طبقات صخرية رسوبية او متحولة،وتتخذ وضعا افقيا او مائلا عن الامتداد الافقي,شكل(5–54) طبقات صخرية متداخلة.



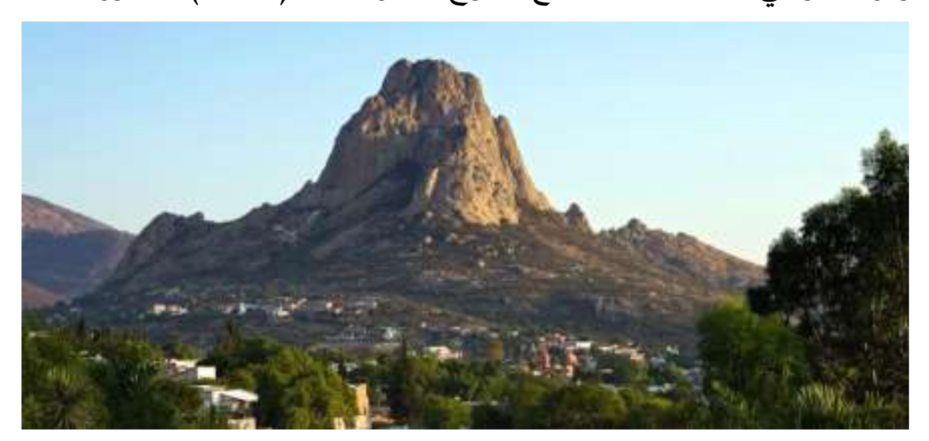
سابعا–الوضع المتموج:

تتعرض بعض الصخور في بداية تكونها الى حركات التوائية فتعمل على طيها باوضاع مختلفة، فيتغير وضعها ضمن تكوينات القشرة الارضية فتتخذ امتداد متغير اما محدب او مقعر ،اومدبب او مقوس،والتي تسمى بالطيات،شكل(5–55)صخور متموجة.



ثامنا–الوضع الكتلي:

تتخذ كثير من الصخور وضعا كتليا غير طبقي مثل الصخور النارية وانواع من الصخور الرسوبية مثل صخور الصوان والمتكتلات والرملية،والتي لاتكن متجانسة مع الانواع الاخرى،شكل(5–56) صخور متكتلة.[20]



المبحث السابع–عناصر الضعف في الصخور

تختلف الصخور عن بعضها في عناصر الضعف والقوة، لذا تتباين في استجابتها لعوامل التعرية والتجوية والحركات الارضية، وتتأثر الصخور بعناصر داخلية تتمثل بتركيبها المعدني ونسيجها وطبيعة امتدادها وما تتضمنه من مسامية واسطح انفصال،و التي تؤدي كثرتها الى اضعاف الصخور لتركز عمليات التجوية والتعرية فيها فتقلل من قوة الصخور ومقاومتها، كما يكون لتبلور المعادن المكونة للصخور اثر في ذلك، فالمعادن القديمة التبلور اقل مقاومة لعمليات التعرية والتجوية من الحديثة التبلور.

وعلى العموم يمكن تمييز نوعين من عناصر الضعف الصخري هما:

اولا– عناصر ضعف نوعي:

وتعود الى نشأة الصخور وظروف تكوينها وتركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية كالنسيج والمسامية والنفاذية والمادة اللاصقة ولون الصخور وطبيعة بنائها الطبقي ونظامها المفصلي.

ثانيا– عناصر ضعف مكتسبة:

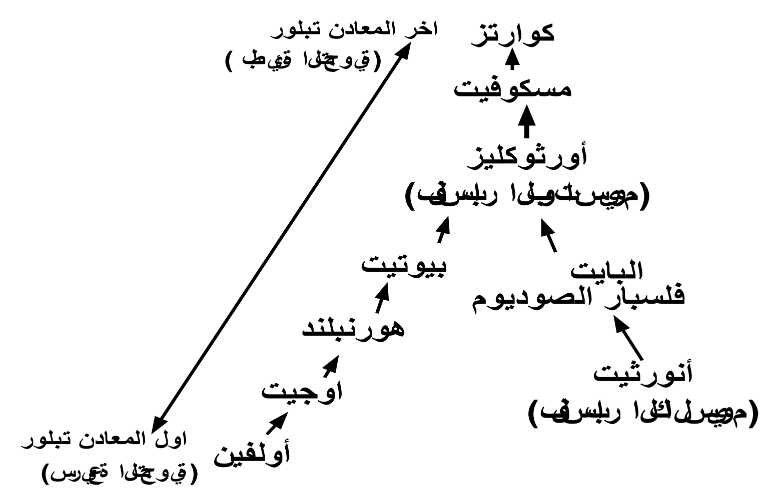
وهي ناتجة عن اثر البيئة التي توجد فيها الصخور عند تكوينها أو بعده وما ينتج عنه من شقوق وصدوع وميل الطبقات وانقطاعها وارتفاعها وهبوطها نتيجة للحركات التكتونية وتأثير المناخ والمياه الجوفية والجارية.

ولغرض التوضيح سيتم تناول عناصر ضعف الصخور بشكل عام لاهمية الموضوع في مجال الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية

1–زمن تبلور المعادن:

ان تبلور المعادن وانتشارها في الطبيعة لم يكن في وقت واحد بل على فترات متباعدة،لذا منها ماهو قديم الوجود واخرى حديثة جدا،والبعض الاخر ما بين القدم والحداثة،وقد كان لذلك الاثر الكبير في صلابتها ومدى استجابتها لعمليات التعرية والتجوية،حيث تكون القديمة سريعة الاستجابة للتعرية والتجوية والحديثة بطيئة الاستجابة.

مثال ذلك الاولفين اقدم المعادن تبلورا والكوارتز احدث تبلورا ولكن الأخير اكثر مقاومة من الاول.[21] شكل (5–57) مخطط يبين المعادن حسب النشأة



2–نظام الفواصل او اسطح الانفصال :

تختلف الصخور عن بعضها من حيث نظامها المفصلي والبنية وميل الطبقات وهذا ما يجعل الاستجابة للعمليات الجيومورفولوجية متباينة من نوع لاخر ، وقد تكون المفاصل والشقوق منتظمة اوغير منتظمة،اذ تعود في نشأتها الى عدة عوامل مثل تبرد الصخور بعد تكونها او تعرضها الى ضغط ناتج عن حركات أرضية مثل الشد الذي تتعرض له القمم المحدبة من الالتواء،او الضغط الذي تتعرض له الثنية المقعرة،وقد تكون الكسور او الشقوق قريبة من سطح الارض، أي في الجزء الخارجي من الصخور ، وبعضها متصلا والبعض الأخر غير متصل أي لا تتقاطع مع بعضها.

3–تأثير الحركات الارضية

تسهم الحركات الارضية في تغير بعض المظاهر من خلال رفع مستوى بعض المناطق وخفض البعض الأخر، والذي يخضع بدوره الى عمليات التعرية والتجوية التي تسهم أيضا في تغيير المظهر العام للأرض.[22] وهذا التغير يترتب عليه تغير البنية والتركيب المعدني للتربة والصخور، والتي تنعكس أثارها على الخصائص العامة لتلك التكوينات فتزيد من صلابتها او تضعفها والتي تنعكس أثارها على النشاط البشري،وخاصة المشاريع الهندسية.

4-اثر البيئة:

تتأثر المعادن بالبيئة التي توجد فيها الصخور سواء كانت رطبة، جافة، حارة، باردة، أي لكل بيئة تأثير متميز عن غيرها وبدرجات متفاوتة.

5-تأثير درجات الحرارة

يعد العامل المناخي من اكثر العوامل الخارجية وضوحا في التأثير،اذ تعد الصخور بصورة عامة مواد رديئة التوصيل للحرارة، لذا ترتفع درجة حرارة سطحها الخارجي عند ارتفاع درجة حرارة الجو، في حين تبقى حرارة الأجزاء الداخلية منخفضة، فيترتب على ذلك تمدد وانكماش متبادل ضمن الأسطح الخارجية للصخور اكثر مما في الداخل، وينتج عن ذلك ضغط داخل الصخور مسببا تشقق أسطحها وتكسرها، ويسمى هذا النوع من التجوية بالعزل، وتحدث هذه الظاهرة في المناطق الصحراوية على نطاق واسع بسبب التغير الكبير في درجات الحرارة اليومية والفصلية، ويظهر التأثير واضحا في الصخور الداكنة مثل الصخور الرسوبية المائلة الى اللون الأسود او الأحمر لاحتوائها على اكاسيد الحديد او مواد عضوية والتي تسهم في امتصاص كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي والتي تؤدي الى رفع حرارة الأجزاء الخارجية من تلك الصخور فتزيد من سرعة تكسرها اكثر من الصخور الخالية من تلك المواد.

وتتصف الصخور بتنوع التركيب الكيميائي،أي تتكون من معادن مختلفة، والتي تتباين في معامل تمددها الحراري ،لذا يصاحب التغير في درجات الحرارة تمدد وتقلص تلك المعادن بصورة غير متماثلة فينتج عن ذلك تشقق وتفتت الطبقات السطحية من تلك الصخور،على سبيل المثال معامل التمدد الحراري الحجمي للكوارتز 0,00031 و الهورنبلند 0,00028 والارثوكليز 0,00017 ، أي يكون التمدد في الكوارتز ضعف الارثوكليز، كما ان معامل التمدد الطولي للكوارتز 75×10^{-7} ويكون في اتجاه واحد، في حين يتمدد الارثوكليز في اتجاهين أحدهما 2×10^{-5} والثاني 2×10^{-10} .

كما تتعرض الأملاح الى التمدد الحراري وهي ذات معاملات تمدد عالية تفوق المعادن لذا تسبب الأملاح التي تحتويها الصخور في تكسرها وتشققها، ويزداد تأثيرها بازدياد نسبتها في الصخور.

6- التأدرن او الهدرجة

يترتب على تحول بعض المعادن من نوع لاخر ازدياد حجمها فيؤدي ذلك الى تفتت وتكسر وتشقق الصخور التي تحدث فيها هذه الظاهرة، مثل تحول الانهيدرايت الى جبس والذي يزداد حجمه 33%، وكذلك الحال بالنسبة الى بعض المعادن الطينية مثل المنتمورولنايت الذي يمتص الماء فيزداد حجمه من 14 الى 17 أنجستروم مسببا ضغطا كبيرا على ما يوجد فوقه من منشآت، فيعمل على تدمير الأبنية التي تقام فوقه اذا كان بكميات كبيرة.

7- عمليات التمدد والانكماش

تحدث عمليات التمدد والانكماش في بعض التكوينات الطينية والناتجة عن ظاهرتي الرطوبة والجفاف.

8-عمليات الإذابة

تتباين المعادن والأملاح في قابليتها على الذوبان بالماء وتعد معادن الفلسبار والسليكات من المعادن التي لها قابلية كبيرة على الذوبان،لذا تكون الصخور التي تتضمنها ضعيفة في المناطق الرطبة.

وكذلك الحال بالنسبة للأملاح فهي الأخرى تتباين في قابليتها على الإذابة فبعضها سريعة الذوبان بالماء مثل كلوريد الصوديوم والمغنيسيوم، في حين يكون الجبس اقل قابلية ،اما كاربونات الكالسيوم بطيئة الإذابة،وتظهر اثار ذلك واضحة في المناطق الرطبة، اذ تتعرض الصخور المحتوية على تلك المعادن والأملاح بنسب عالية الى التآكل والتجوية وتكون على شكل حفر واضحة،اما في المناطق الجافة وشبه الجافة فيكون الأثر محدودا لقلة الرطوبة.[23]

ويساعد وجود ثاني أو كسيد الكاربون الذائب في الماء على زيادة نسبة إذابة المعادن والأملاح، ويسبب في رفع حامضية التربة والصخور (PH) نتيجة لتركز أيون الهيدروجين.

9-عمليات التفاعل:

تتفاوت المعادن في قابليتها على التفاعل مع الحوامض،فقد تتفاعل بعض تلك المعادن مع حامض الكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني اوكسيد الكاربون في الماء،فيؤدي الى تأكل تلك الصخور بمرور الزمن،فيؤثر ذلك على المنشأت المقامة في تلك الاماكن.

10-تباين صلابة المعادن:

تتباين المعادن في صلابتها،وقد تم تقسيمها الى عشرة انواع حسب درجة الصلابة، اذ يحتل معدن التلك مرتبة رقم واحد لكونه اقل المعادن صلابة،في حين يحتل الماس المرتبة العاشرة على اعتباره اشد المعادن صلابة،وتقع بقية المعادن ما بين المرتبتين، بعضها يميل الى الضعف واخرى تميل الى الصلابة،ففي الصخور التي تضم معادن ضعيفة تتعرض الى التعرية والتجوية بشكل واضح،اما الصلبة فيكون التأثير فيها محدودا.

11- طبيعة وجود الصخور في القشرة الارضية:

تتخذ الصخور اوضاعا متنوعة في القشرة الارضية،فقد تكون طبقية او كتلية،وقد تكون متوافقة اوغير متوافقة في الامتداد والتركيب المعدني والسمك وحجم الحبيبات،كل ذلك تكون له اثار كبيرة على طبيعة صلابة الصخور ومدى تجانسها مع ما يحيط بها من كتل وطبقات،ففي الغالب توجد انواع من الصخور في نفس المكان فتكون غير متجانسة مع بعضها، لذا تمثل نقاط ضعف في تلك التكوينات.

12- بنية الصخور والتعاقب الطبقي:

تختلف الصخور في بنائها الطبقي من حيث سمك الطبقات ونوعها وصلابتها،فقد توجد طبقة صلبة تليها ضعيفة،او طبقة سميكة يليها طبقة رقيقة،وقد تتعرض الطبقات الضعيفة والرقيقة الى التأكل والتراجع، وتبقى الطلبقات الصلبة والسميكة بارزة.

مصادر الفصل الخامس

1- د. سهل السنوي ود. يحيى الراوي ود. احمد النجدي ود. محمد سوادي ود. نصير الأنصاري؛ الجيولوجيا العامة, جامعة بغداد, العراق ص 87

2- د. جودة حسنين جودة؛ معالم سطح الارض، دار المعرفة الجامعية ألا سكندرية بدون تاريخ نشر، ص 111 .

3- د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، دار الراتب الجامعية ، بيروت 1989 ص 98.

4- عبدالاله رزوقي كربل؛ علم الاشكال الارضية، مطبعة جامعة البصرة العراق1986، ص 68.

5- د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، مصدر سابق، ص 106—108 .

6- د. جودة حسنين جودة؛ معالم سطح الارض، مصدر سابق، ص147.

7- د. احمد فوزي يوسف؛ البيدلوجي نشأة ومورفولوجية وتقسيم الاراضي, مطابع جامعة الملك سعود, الرياض 1987 ص 55.

8- عبدالاله رزوقي كربل؛ علم الاشكال الارضية، مصدر سابق ص 308.

9- د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، العراق، 1990ص35.

10- د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية، بيروت، 1989ص53.

11- المصدر السابق؛ ص 55—56.

12- د. إبراهيم عبيدو؛ الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، منشأة المعارف ألا سكندرية ، 1969 ص57.

13- د. محمد يوسف ود. عمر حسن ود. عدنان النقاش؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مركز الكتب الأردني ، عمان، 1990ص 137.

14- د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ كوكب الارض، مظاهره التضاريسية الكبرى، مؤسسة الثقافة الجامعية ألا سكندرية، 1996ص237.

15- د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق ص236-237.

16- د. إبراهيم عبيدو؛ الجيولوجيا الهندسية ، مصدر سابق ص57.

17- د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي،مصدر سابق، ص45.

18-د.خلف حسين علي الدليمي،علم شكل الارض التطبيقي،مصدر سابق،ص163-164.

19-المصدر السابق،ص168-169.

20-د.سرحان نعيم الخفاجي،الانكسارات،بحث منشور على الموقع الاليكتروني،http://eps.mu.edu.iq/wp-content/uploads.

21- د. حسن رمضان سلامة؛ مظاهر الضعف الصخري واثارها الجيومورفولوجية, مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية, جامعة الكويت عدد 35 سنة 1983, ص30.

22- G. Bell;Engineering Properties of soil and Rocks, third Edition, Genesistyper setting, great Britation,1992,P.162

23- د. احمد فوزي يوسف؛ البيد لوجي نشأة ومورفولوجية وتقسيم الاراضي, مصدر سابق ص76- 79.

الفصل السادس- المعلومات الجيوتقنية وتخطيط مشاريع السدود والخزن

المبحث الاول-انواع السدود والخزانات.

المبحث الثاني- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهار والاودية الجافة.

المبحث الثالث- السدود والخزانات المقامة على مجاري الانهار الرئيسية،المشاكل والحلول.

المبحث الرابع-مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة.

المبحث الخامس-سد الموصل المشاكل والمخاطر

ان اختيار مواقع السدود والخزانات وتخطيط مشاريع الري والبزل يعتمد على معلومات متنوعة في مجالات عدة جيومورفولوجية وجيولوجية وهيدرولوجية,وبيئية، سواء ما يقام منها على مجاري الانهار او الأودية الجافة, وفي هذا المجال سوف يتم تناول مواقع السدود والخزانات وتخطيط مشاريع الري والبزل كل على حده.

المبحث الاول–انواع السدود والخزانات.

اولا– انواع السدود حسب الغرض:

تقام السدود على الانهار لتؤدي عدة اغراض هي:

أ–سدود خزنية تنظيمية،يعني حجز المياه امام السد والتحكم في كمية المياه المنصرفة بعد السد.

ب–سدود تنظيمية،وهي السدود التي تقام لغرض تحويل المياه من النهر الى خزانات جانبية تقع على مسافة عن النهر ،مثل خزاني الحبانية والثرثار.

ت– سدود احتجازية،وهي سدود تقام على الاودية الجافة في المناطق الصحراوية لغرض حجز المياه امامها للاستفادة منها.

وقد تكون السدود على انواع سواء من حيث الغرض الذي وجدت من اجله،او من حيث المادة المستخدمة في بناءه،الاشكال (6–1) صور لبعض انواع السدود.



ثانيا–انواع السدود حسب التصميم

1–السدود المقوسة

يرتبط تصميم السدود دائما وكأي إنشاء هندسي بجيولوجية المنطقة وطبيعة التربة والتضاريس ، وتعد السدود القوسية من أبسط أشكال السدود وأقلها تكلفة من حيث المواد والتصميم من أي نمط من أنماط السدود الأخرى ، وأشهر أمثلته

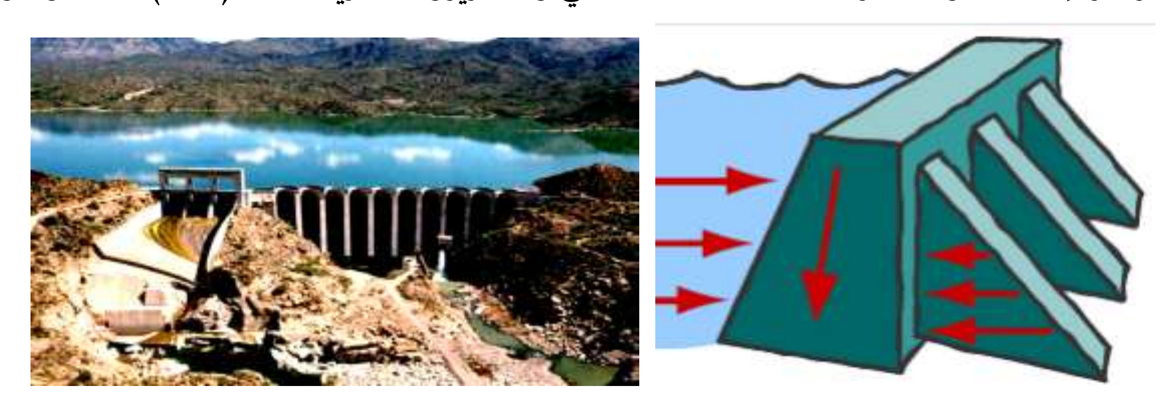
سد الأتازار في إسبانيا ،ويستخدم هذا النوع من التصميم في الأماكن الضيقة والصخرية ،اذ يكون السد على شكل قوس منحني يحجز خلفه كميات كبيرة من مياه الأنهار.

يقاوم الشكل الهندسي المقوس للسد ضغط المياه المحجوزة امام السد، اذ تقوم المياه بتطبيق ضغط كبير على السطح الخلفي المحدب للجدار ،مما يسبب انضغاط القوس الجداري باتجاه التماسك والتقارب للمادة الجدارية من بعضها البعض بسبب شكلها الهندسي،الشكل(6-2) مخطط وصورة لسد مقوس



2-السدود المدعمة

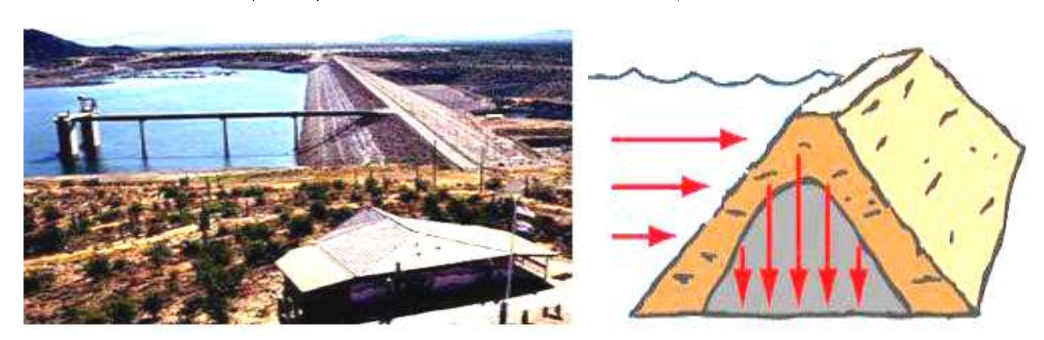
تكون هذه السدود منبسطة قليلا أوكثيرا أو مقوسة، لكن هناك دائما أساسات تصميمية تميزها عن غيرها، وهي سلسلة من الركائز تستخدم لنقل القوى المؤثرة على الجدار الى منطقة أخرى أكثر قوة وتحمل كالأرض أوالأساسات، اذ تقوم هذه الركائز الإنشائية بتقوية ودعم بناء السد من الجهة الخارجية في اتجاه مجرى النهر ،ومن أهم الأمثلة على السدود المدعمة بركائز إسمنتية هو سد بارتليت Bartlett Dam في ولاية أريزونا الأمريكية،شكل(6-3)مخطط وصورة لسد مدعم



3- السدود الردمية

حسب التصميم الهندسي لهذه الأنماط من السدود تقوم المياه بتوليد قوى ضغط كبيرة ناتجة عن وزنها باتجاه جدار السد مسببة دفعه أوانقلابه، بينما تقوم الركائز في الجهة المقابلة برد فعل معاكس تماما في محاولة لتثبيت البناء في مكانه، بينما يكون وزن الركائز مطبقا بالكامل على الأرض.

وهي سدود ضخمة مكونة من الصخور والأتربة، مشابهة لنمط سدود الجاذبية، فقد تعتمد هذه السدود على أوزانها الهائلة في مقاومة القوى الهائلة الناتجة عن المياه المحجوزة، وما يميز هذه السدود هو كثافة المادة داخلها، فالعازل الداخلي يمنع ترشح أو تسرب المياه عبر بناء السد، ويعد هذا النوع من السدود التي تتميز بالإنشاء الضخم أشهر أنواع هذه السدود ،وأحد الأمثلة سد نيو واديل New Waddell Dam ،اذ تدفع قوى ضغط المياه على طول الجدار باتجاه دفعه للانقلاب، في حين يعمل الوزن الهائل لمادة السد أو الجدار على تثبيت الجدار في مكانه بسبب الجاذبية التي تدفعه باتجاه الأرض بشكل دائم وعلى طول حائط السد، شكل(6-4)مخطط وصورة لسد مدعم.

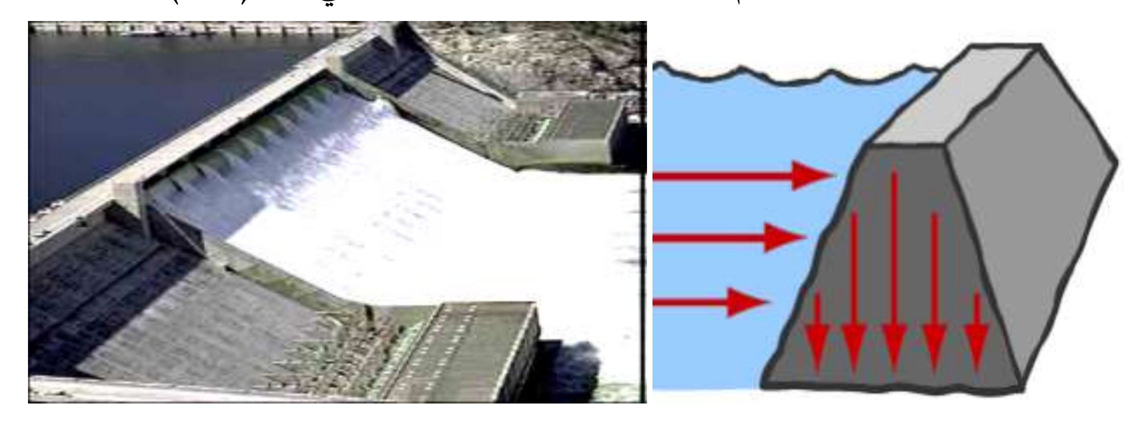


4-سدود الجاذبية

وهي سدود ضخمة تعمل على مقاومة القوى الضخمه للمياه بشكل كلي من خلال أوزانها وقوة الجاذبية الأرضية للجدار المانع الإسمنتي المصمم بطريقة هندسية ذات قواعد ضخمة ومتوازنة،وتتم عملية تشكيل الإسمنت من خلال تفاعلات كيميائية تعطي كميات كبيرة من الطاقة الحرارية،وعندما يتم تبريد الإسمنت يترافق تدريجيا انكماش للمادة، ينتج عن هذه التقلصات للمادة عند التبريد المفاجئ أوالغير منتظم تشققات في المادة قد لاتكون ذات أهمية في حال عمليات الصب الجدارية البسيطة، ولكنها تشكل كارثة في حالة السدود التي تستهلك 21 مليون يارد مكعب من الإسمنت، كما في سد غراند غولي Grand Coulee، لذلك يتم التحكم بشكل دقيق أثناء عملية إنشاء هذه السدود لمنع تكون شروخ الإنكماش، ففي مثالنا هذا قام المهندسون بضخ مياه باردة خلال شبكة معقدة من الأنابيب في الخرسانة الإسمنتية للمساعدة في تبريد الإسمنت خلال تصلبه،وهذه العملية بالإضافة الى الحماية من حدوث التشققات الإسمنتية من شأنها أن تسرع عملية التبريد التي من الممكن أن تستغرق أكثر من 155 عام فيما لو تركت لتبرد بشكل حر في الطبيعة.

وتعد معظم سدود الجاذبية كسد غراند غولي في العاصمة واشنطن ،من الأنماط المكلفة جداً في الإنشاء بسبب حاجتها لكميات هائلة من مواد البناء كالإسمنت،اذ يعد هذا السد أحد أضخم الإنشاءات الإسمنتية في العالم، فكميات الإسمنت التي استهلكها بناء السد هذا تكفي لبناء طريق سريع يقطع الولايات المتحدة بالكامل، اذ تعادل مساحة قاعدة السد

أربعة أضعاف مساحة قاعدة أكبر أهرامات الجيزة في مصر ،وبلغت المساحة التخزينية للسد 412 مليار قدم مربع ، أما تكلفته فقد بلغت سنة 1942 م أكثر من 300 مليون دولار أميركي،شكل(6-5) مخطط وصورة لسد الجاذبية.



5-السدود الحجرية

هي سدود اشبه بالسدود الترابية إلا ان مادة الاملاء الرئيسية فيها هي الحجر،اذ يتم الاملاء بالقاء الحجر اكواماً او رصفه باليد اوفرشه على شكل طبقات يتم حدلها بالحدل الإهتزازي،والسدود الحجرية الكبيرة يتم انشاؤها على تربة حجرية الا ان الاسس فيها لا تحتاج إلى تلك القوة المطلوبة في غيرها من السدود التي تعتمد على وزنها في مقاومة ضغط المياه كالسدود الكونكريتية الوزنية، ان السدود الحجرية لها من الاستقرارية الجيدة بحيث انها تقاوم الهزات الارضية دون تخلخل السد، ولهذا السبب فإن السدود الحجرية تستعمل كثيرا في السدود ذات الارتفاع العالي جدا مثل سد نوريك (nurek) في روسيا،اذ يعد اعلى سد في العالم فهو سد من الاملاء الحجري،ان الصفة الاساسية للسدود لكي تحجز المياه لا بد من وجود طبقة صماء تمتد على طول السد،شكل(6-6) صورة لسد نوريك الحجري.



6-السدود الترابية

وهي سدود تقام على الاودية الجافة لحجز مياه الامطار امامها للاستفادة منها،وتختلف من مكان لاخر حسب سعة وعمق مجرى الوادي ،شكل(6–7)صورة لسد على وادي صحراوي.



ثالثا–انواع الخزانات

تختلف خزانات المياه حسب موضعها وكما يلي:

1–خزانات على مجاري الانهار ،وتشغل مساحة كبيرة من مجرى النهر والاراضي المحيطة به،مثل بحيرة الموصل وحديثة في العراق، شكل(6–8) بحيرة سد الموصل.



2– خزانات جانبية،وهي عبارة منخفضات طبيعية يتم استغلالها في خزن المياه الزائدة اوقات فيضان الانهار ،ويستفاد من مياهها اوقات الشحة،مثل بحيرتي الحبانية والثرثار ،شكل(6–8)مخطط لخزاني الثرثار والحبانية.

المبحث الثاني- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهار والاودية الجافة.



3-خزانات الاودية الجافة،وهي ناتجة عن حجز مياه الامطار في الاودية الجافة،وتكون صغيرة المساحة،وتشغل الوادي امام السد،شكل(6-9) صورة لسد ترابي على وادي صحراوي.



المبحث الثاني- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهار والاودية الجافة.

اولا–مواقع ومواضع السدود على الانهار :

أ– المواقع الملائمة لانشاء السدود .

يحتاج انشاء السدود والخزانات وتحديد المواقع والمواضع الملائمة لها الى دراسات واسعة ودقيقة في مجالات مختلفة ،والتي تتطلب تحري موقعي مثل الوضع الجيولوجي والجيومورفولوجي الهيدرولوجي والبيئي،إذ يتوقف نجاح وفشل السد على مدى دقة تلك المعلومات، ويمكن الاستعانة بخرائط طوبوغرافية للتعرف على الوضع التضاريسي وطبيعة الانحدارات في تلك المنطقة، كما يتم التعرف على نوع التكوينات السطحية وتحت السطحية، ومن خلال تلك المعلومات يمكن تحديد الموقع الملائم الذي يجب ان تتوفر فيه الشروط الآتية:

1–ان يكون الموقع ملائم للخزن،اي حوضي الشكل ومحكم، وذو حجم مناسب لاستيعاب كمية المياه المتوقع خزنها.

2–وجود ممر في الحوض يخترق قاعدته الصخرية الصلبة يساعد على بناء السد فوقه بكلفة اقتصادية مناسبة.

3–يكون الموقع ملائم لانشاء قناة تصريف تحمل المياه الزائدة خارج الخزان عند ارتفاع مناسيبها الى مستوى يفوق طاقة خزنه.

4–توفر مواد اولية تستخدم في بناء السد.

5–التأكد من العمر الزمني للخزان من خلال معرفة كميات الرواسب التي يجلبها النهر سنويا الى الخزان، فكلما كانت كميات كبيرة تؤدي الى تخفيض القدرة الاستيعابية للخزان حتى يصل الى مستوى يكون الخزن فيه محدود وغير مفيد.[3]

6–يفضل ان يكون الخزان في موضع ضيق وعميق للحد من التبخر ونمو الأعشاب والنباتات في الجهات الضحلة منه،كما تقل المساحة التي يشغلها الخزان، اذ يترتب على اتساعها زيادة ملوحة المياه والتعرض الى التبخر ونمو النبات.

7–دراسة نظام التصريف النهري وطبيعة الامطار الساقطة على حوضه لمعرفة نوع الفيضان الذي يشهده والتصريف الاعتيادي،أي التعرف على أعلى موجة فيضان واقل تصريف، ومدى تردد تلك الفيضانات،والتي على ضوءها يتم تحديد نوع السد الملائم بحيث يستوعب أعلى موجة فيضان.[4]

وكذلك الحال في الأودية الجافة فيتم التعرف على النظام المطري واعلى موجات سيل تعرض لها.

8–ان يكون انحدار المجرى في منطقة بناء السد بطيئا، ويفضل ان يكون ميل الطبقات باتجاه المنبع للحد من ضغط المياه على السد،والذي يزداد بزيادة الانحدار ، فضلا عن اندفاع الرواسب نحو جسم السد، والتي تزيد من الضغط عليه فتشكل خطرا ينتج عنه أضرار كبيرة .

9–قلة الآثار الناتجة عن قيام السد والتي تتعرض لها المناطق المحيطة به، وقد ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه فيه ارتفاع منسوب المياه الجوفية في تلك المناطق، وقد ينتج عن ذلك مشاكل مختلفة يتعرض لها النشاط البشري بانواعه.

10-ان تكون المنافع المتحققة من إقامة السد في الموضع الذي يتم اختياره تفوق الكلف والخسائر المترتبة على ذلك، كغمر مساحات واسعة من الأراضي الزراعية والمدن والقرى والمشاريع والمنشآت المختلفة.

11-تحديد الهدف الأساسي من إقامة السد، لمعرفة مدى ملائمة الموقع له، ففي كثير من الأحيان يرتبط بالسد خزن المياه للتخلص من أخطار الفيضان عند حدوثه، وتوليد الطاقة الكهربائية،الا انه في الواقع يوجد تناقض في تحقيق الهدفين، فإذا كان لغرض التخلص من الفيضان فهذا يعني خزن المياه الزائدة عند حدوثه، وتفريغها عند انخفاض المناسيب ليكون جاهزا للموجة اللاحقة، اما إذا كان لغرض توليد الطاقة الكهربائية فيجب الحفاظ على اكبر كمية من المياه في الخزان في منسوب قادر على تدوير التوربينات التي تحتاج الى قوة مياه كبيرة تندفع من مستوى عال، وعليه يفضل إقامة مثل تلك المحطات على روافد الانهار وعدم أقامتها على الانهار الرئيسية.

ب-المواضع الملائمة لانشاء السدود .

بعد اختيار المواضع الملائم لانشاء السدود والخزانات وفق الشروط المارة الذكر يجري البحث عن افضل موضع مناسب لاقامة السد وخزن المياه ضمن الموضع الذي تم اختياره، وربما تكون المنطقة غير صالحة لاقامة السد وخزن المياه لما يترتب على ذلك من مشاكل حاضرا او مستقبلا، ولكل من السد والخزان شروط معينة تختلف في النوع والبيئة، فالسد يحتاج الى مساحة محددة ذات خصائص محددة ضمن مجرى النهر وواديه، في حين يحتاج الخزان مساحة واسعة من الأراضي الواقعة على جانبي مجرى النهر إذا كان الخزان ضمن وادي النهر، والتي تكون ضمن مواصفات معينة.

ان اختيار الموضع المناسب لبناء السد يحتاج الى دراسة دقيقة وشاملة، وأي خطأ في تلك المعلومات ستكون نتائجها وخيمة، وربما تكون سببا في انهيار السد وما ينتج عنه من خسائر مادية وبشرية.

ومن الجوانب المهمة التي تحتاج الى دراسة مستفيضة ما يأتي:

1- جيولوجية الموضع:

تعد نوعية الصخور التي يقام فوقها السد الذي يتكون من كتلة كونكريتية ثقيلة الوزن من الجوانب المهمة التي يجب مراعاتها عند اختيار الموضع المناسب، اذ تختلف الصخور في خصائصها الكيميائية والفيزيائية وصلابتها وقوة تحملها، وميل الطبقات واسطح التطبيق وما تتضمنه من طيات وصدوع وفواصل وتشققات،والتي تؤثر جميعها على إقامة السد، وتعد الصخور الجرانيتية والنايس من افضل انواع تلك الصخور ملائمة لبناء السدود الكبيرة، في حين تعد صخور الطفل والجيرية غير ملائمة لقلة صلابتها وقابليتها على الذوبان بالماء.

اما الصخور التي تتضمن تراكيب ثانوية من طيات وكسور وصدوع وفواصل فهي الأخرى غير صالحة لاقامة السدود، لما ينتج عنها من مخاطر لانها تسمح للمياه بالتسرب من تحت السد فتؤثر على استقراريته،اذ يترتب على

تسربها عمليات تعرية وتجوية تعمل على توسيع تلك الممرات المائية الصغيرة بمرور الزمن، ومن ثم زيادة كمية المياه المتسربة والتي ينشط عملها وربما تسبب انهيار السد، وكانت هذه أحد الأسباب التي ادت الى انهيار سد بلدودين في جنوب كاليفورنيا سنة 1963، فقد ادت المياه المتسربة عبر الشقوق الى حدوث انزلا قات في تلك الشقوق زادت من توسعها وحولتها الى مسارات لتسرب المياه بكميات كبيرة، فازداد عملها الجيومورفولوجي فقلل من صلابة تلك الصخور وقوة تحملها فيتعرض السد الى الانهيار، وهي نفس الأسباب التي ادت الى انهيار سد زيزون على نهر العاصي في سوريا في حزيران 2002، والذي تسبب في وفاة اكثر من 20 شخص وتدمير اكثر من مائة دار سكنية والعديد من المنشآت والمشاريع والأراضي الزراعية، وعليه في حالة الاضطرار الى إقامة السد فوق مثل تلك المواضع لابد ان تكون في وضع مواز لخطوط الانكسارات.[5]

وفي حالة وجود تكوينات هشة او ضعيفة فوق صخور القاعدة الصلبة فيجب أزالتها من موضع السد لكي يرتكز على الصخور الصلبة.

ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر على السد تعاقب تكوينات صلبة وضعيفة اوهشة، والتي تسهل عملية تسرب المياه من خلالها ومن ثم تعرضها الى عمليات التجوية والتعرية فتبقى الصلبة معلقة لإزالة التي تحتها، وعند إقامة السد فوقها يتعرض الى الهبوط،اوعند حفر خندق بالقرب منها فيؤدي الى انزلاقها بسبب ثقل السد، وقد تساعد المياه المتسربة الى تسهيل عملية انزلاق الطبقات الصلبة التي تعلو الهشة لاضعاف تماسكها.

كما تؤثر على السدود الصخور المتحولة التي تكون متورقة سهلة الانزلاق، لذا يفضل عدم قطعها باتجاه مجرى النهر، لانه يسهل تسرب المياه الى داخل الطبقات الصخرية فيقلل من صلابتها فيسبب مشاكل للسد، ويفضل قطع تلك الصخور بشكل موازي للسد.[6]

ولمعالجة التسرب الذي يحدث تحت بعض السدود تتبع الإجراءات آلاتية:

أ–حفر خنادق عميقة أمام السد وتملأ بمواد تمنع التسرب،اوحقن المنطقة التي تتعرض الى التسرب بمادة أسمنتية او إسفلتية إذا كانت محدودة المساحة.

ب–حفر خنادق وراء السد تقوم بتصريف المياه المتسربة من تحت السد الى النهر.

ت–إقامة ستائر او حواجز عمودية تحت السد والخزان على شكل جدران مستعرضة او ركائز من الأسمنت اوالقير.[7]

2– منسوب المياه الجوفية.

يؤدي وجود المياه الجوفية بمناسيب مرتفعة في التكوينات من تربة وصخور الى حدوث انزلا قات وهبوط تحت السدود والخزانات، وقد تحدث تلك العمليات عند ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه بشكل مفاجئ،وكان ذلك من الأسباب التي

ادت الى انهيار سد فايونت في إيطاليا عام 1963،والذي يعد من أسوء كوارث انهيار السدود في العالم لما نتج عنه من خسائر بشرية ومادية ذهب ضحيتها 2600 شخص.[8]

3- الضغط المسلط على السد.

يتعرض السد الى ضغط من مصادر مختلفة منها مايأتي:

أ- قوة ناتجة عن وزن كتلة السد.

ب- قوة ضغط المياه أمام السد والتي يزداد ضغطها مع زيادة انحدار ارض الخزان نحو السد.

ت- قوة ضغط الترسبات التي تجلبها المياه وتترسب اكبر كمية منها عند السد.

ث- قوة ضغط الثلوج في المناطق الباردة،والتي تكون اكبر من قوة ضغط المياه.

ج- ضغط ناتج عن الزلازل والبراكين والحركات الارضية البطيئة.

ح- ضغط ناتج عن المياه المتسربة من اسفل وجوانب السد.[9]

خ-المناخ السائد في موقع السد.

يؤثر المناخ على السد وخاصة عندما يكون التطرف الحراري كبيرا، إذ تعمل الحرارة في ارتفاعها وانخفاضها على أحداث تشققات في جسم السد وخاصة الجهة الأمامية منه، وتزداد مخاطر ذلك عندما تسهم الحرارة المنبعثة من باطن الارض التي يقع فوقها السد في انتشار الشقوق في اسفل السد فتسمح بتسرب المياه الى جسم السد فتعمل على إذابة وتأكل بعض المواد التي يتكون منها فتقلل من قوته ومتانته، فضلا عن التأثير الناتج عن التساقط بانواعه.

وقد تتظافر عدة عوامل في التأثير على السد فتؤدي الى انهياره،وهذا ما حدث لسد كولوميت المشيد على نهر بالموكويك والذي انهار عام 1972 فتسبب في تدمير 4000 دار سكنية ومقتل 118 شخصا مع خسائر مادية بلغت 55 مليون دولار، عندما تعرض الى موجة فيضان عالية بلغت 6م وبسرعة 8كم/ ساعة نتيجة لسقوط الامطار وذوبان الثلوج، كما كان السد ذو خصائص سيئة منها ما يأتي:

1- انخفاض الطاقة الاستيعابية للخزان أمام السد.

2- عدم وجود قناة لتصريف المياه الزائدة عن طاقة السد.

3- تسرب كميات كبيرة من المياه اسفل السد والتي أضعفت استقراريته.

4- تشبع جسم السد بالماء مما يؤدى الى قلة تماسك مكوناته واضعاف قوته ومتانته.

5- قلة تماسك مكونات السد الحاوية على تربة عضوية فحمية وطينية وطفل، والتي تتحول الى مادة طينية غير متماسكة عند تشبعها بالماء.[10]

ثانيا- مواضع الخزانات.

ان اختيار الموضع الملائم للخزان يتطلب مراعاة ما يأتي:

1-الوضع الطوبوغرافي.

ان خزن المياه يحتاج الى منطقة حوضية الشكل تحيط بها حافات مرتفعة من معظم جهاتها، وتكون ذات انحدارات معتدلة للحد من حدوث انهيارات وانزلاقات وهبوط وتدفق طيني، وعمليات تعرية وتجوية في تلك الحافات تنعكس أثارها على خزن المياه، كما تحدد المواضع المنخفضة والاودية التي تحتاج الى انشاء سداد ترابية على ارتفاع لا يسمح للمياه بعبورها عند أقصى طاقة استيعابية للخزان، كما يمنع انتشار المياه على مساحة واسعة خارج المنطقة المرشحة للخزن، ويمكن ازالة بعض المناطق الضحلة لغرض زيادة عمق مياه الخزان ورفع طاقته الاستيعابية.

وتعد المناطق الخالية من التضاريس المرتفعة كالتلال والهضاب من افضل المناطق لخزن المياه، فقد يؤدي وجودها الى تقليل القدرة الاستيعابية للخزان،وتساعد على زيادة الترسيب في قاعه،وتكون تلك المظاهر اقل أهمية عندما تكون مواقعها عند أطراف الخزان.

كما تفضل المناطق التي تكون على مستوى منخفض عن المناطق المحيطة بها وذلك لما يترتب على ارتفاع مناسيب المياه في الخزان من اثار سلبية على الأراضي المجاورة بسبب تعرضها إلى ظاهرة تسرب المياه الجوفية، وما ينتج عن ذلك من اثار على الزراعة والعمران، خاصة إذا لم تتوفر مشاريع بزل تعمل على نقل تلك المياه الى الانهار والمنخفضات القريبة، وهذا ما حدث في العراق،اذ تعرضت المناطق الواقعة شمال بحيرة الحبانية الى تلك الظاهرة فتحولت الأراضي الزراعية الى ملحية،واضطر معظم سكان المنطقة الى السكن عند حافة الهضبة القريبة .

2- التكوينات السطحية وتحت السطحية.

تؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتكوينات السطحية وتحت السطحية على طبيعة خزن المياه،وتمثل أسطح انفصال تلك التكوينات منطقة ضعف ترتكز فيها عمليات التجوية والإذابة لاختلاف خصائصهما الطبيعية، والتي ينتج عنها تسرب المياه اوالاحتفاظ بها، ولزيادة الإيضاح سيتم تناول تلك التكوينات كل على حده:

أ-التكوينات السطحية:

تتباين التكوينات السطحية من مكان لاخر، وحتى ضمن الموضع الواحد الذي يتم اختياره لخزن المياه يكون بعضها صماء وغير نفيذة، وفي جهة اخرى هشة وشديدة النفاذية، كالتربة الرملية والحصوية والعضوية،اوتتكون من صخور تتضمن تراكيب ثانوية على نطاق واسع كالشقوق والفواصل،فقد تساعد مثل تلك التكوينات على تسرب كميات كبيرة من المياه المخزونة الى باطن الارض، ويكون للتركيب الكيميائي أثرا كبيرا على نوعية المياه نتيجة لتحلل وذوبان بعض المعادن،والتي تحدث تغيرا في خصائص المياه، خاصة اذا كانت مركبات حامضية او فحمية فتسبب تلوث

المياه، لذا يجب معالجة هذه الحالات اذا كانت محدودة المساحة والسمك، اما بإزالتها او طمرها بطبقة من الطين او الحصى او الرمل بسمك لايقل عن 50سم.[11]

اما اذا كانت الموضع يضم طبقة سميكة وواسعة الانتشار غير ملائمة يفضل ترك المنطقة والبحث عن بديل افضل.

كما تكون نفاذية تلك التكوينات من المشاكل التي تواجه عملية خزن المياه عندما تكون عالية لانها ستسمح بتسرب كميات كبيرة منها الى باطن الارض، وإذا كانت على نطاق محدود تعمل الرواسب التي تجلبها مياه النهر على ملء تلك المسامات والشقوق، وتتكون طبقة من الرواسب تحد من كمية المياه المتسربة.

وفي حالة وجود طبقة من الصخور الجيرية ذات مسامية ونفاذية عالية فيمكن معالجتها من خلال تغطيتها بطبقة من تكوينات غير نفيذة،اوحقنها بمواد تزيد من تماسكها وتقلل من نفاذيتها.

ب-التكوينات تحت السطحية:

تعد تلك التكوينات ذات أهمية كبيرة في اختيار المواضع الملائمة لخزن المياه، ولاتقل أهميتها عن السطحية،اذ يتأثر خزن المياه بخصائصها من حيث الصلابة والتركيب المعدني والنفاذية، ففي حالة وجود صخور جيرية اوجبسية اوملحية سيترتب عليها مشاكل عديدة خاصة اذا كانت على نطاق واسع ويصعب معالجتها، لانها تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه وتسهم في زيادة ملوحتها، وهذا ما حدث في خزان مكملان في الولايات المتحدة والذي كان السبب في فشل المشروع بسبب تسرب المياه المخزونة.

وعليه ان التكوينات السطحية وتحت السطحية تعمل بشكل متضامن وقد تكون تحت السطحية اكثر أهمية اذا كانت السطحية طبقة غير سميكة ونفيذة، والتي تحتها سميكة وغير نفيذة.

ومن الجوانب المهمة الأخرى التي تؤخذ بالاعتبار القنوات النهرية المدفونة والمملؤة بالرواسب الضعيفة التماسك، والتي ستتعرض الى الإذابة بمرور الزمن فينتج عنها شقوق كبيرة تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه، وكذلك الحال عند وجود فوالق كبيرة مطمورة .[12]

3- انحدار السطح وميل الطبقات.

تعد المناطق المعتدلة الانحدار من افضل المواضع الملائمة للخزانات لانها تعمل على تخفيض سرعة جريان المياه نحو السد، وتزداد محاسن ذلك عندما يتوافق معها ميل الطبقات ويكون باتجاه المنبع أي معاكس لاتجاه الجريان، والتي تسهم في تخفيف الضغط على السد وزيادة كمية المياه المخزونة لارتفاع مناسيبها أمام السد دون ان تشكل خطرا عليه.

المبحث الثالث- السدود والخزانات المقامة على مجاري الانهار الرئيسية،المشاكل والحلول.

اولا- مشاكل السدود والخزانات المقامة على مجاري الانهار الرئيسة.

ان الغرض الرئيسي من انشاء السدود والخزانات على مجاري الانهار للسيطرة على الفيضانات والتخلص من أثارها وأخطارها في المناطق الواقعة بعد السد، والاستفادة من المياه المخزونة في مجالات عدة مثل أعادتها في أوقات شحه المياه الى النهر لتأمين سد حاجة الانشطة المختلفة من المياه،او تستغل في توليد الطاقة الكهربائية وتربية الأسماك ومرافق سياحية وغيرها من المنافع، وهذا ما جعل الدول تتسابق في إقامة السدود على الانهار المارة عبر أراضيها لتحقيق تلك المكاسب دون الاكتراث الى ما سينتج عن ذلك من مشاكل، خاصة على الانهار الرئيسية، والتي قد تفوق المكاسب المتحققة من مشروع السد، ومنها ما يأتي:

1- تغير شكل المجرى بعد السد.

يعمل السد على حجز المياه أمامه وينظم كمية تصريفها، فيتغير نظام الجريان بعده والذي تنعكس أثاره على العمل النهري من تعرية وار ساب ونقل،والتي يزداد نشاطها مع ارتفاع كمية التصريف، لذا تنشط في مواسم الفيضان ويقل نشاطها بانخفاض المناسيب، وبما ان السد يتحكم بكمية المياه المنصرفة بعده والتي تكون بكميات متقاربة في كل المواسم تقريبا، لذا يضعف العمل النهري فانعكست أثاره على شكل المجرى، فقد تكون المياه سريعة الجريان في بداية تدفقها من السد الاانها تنخفض بالابتعاد عنه، ويتحكم بذلك عوامل اخرى مثل درجة الانحدار وسعة المجرى وكمية المياه ووجود المنعطفات، وينتج عن انخفاض السرعة ترسيب ما تحمله تلك المياه من رواسب وبشكل تدريجي الخشنة والمتوسطة والناعمة، والتي تستمر لمسافة اطول لخفة وزنها، وقد اسهم ذلك في رفع قاع النهر بمرور الزمن وظهور الجزر على نطاق واسع لعدم قدرة المياه الجارية في النهر على تعرية تلك الرواسب، كما كان في السابق قبل ان يتدخل الانسان في شؤون النهر، اذ كانت تظهر الجزر في مواسم انخفاض المناسيب وتختفي عند ارتفاعها لزيادة سرعة الجريان فينشط العمل النهري.

وعليه أسهمت السدود في استقرار الجزر في مجاري الانهار بعد السد، وساعد نمو النباتات فوقها في تثبيتها ،اذ تعمل جذورها على تماسك تربتها، في حين تعمل سيقانها على تخفيض سرعة جريان المياه عند ارتفاع مناسيبها ومرورها من فوق الجزر، فادى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه فوق الجزر وحولها فتتسع مساحاتها وترتفع مستوياتها،لذا تتخذ الجزر أشكالا متنوعة دائرية أو مغزلية او طولية، وقد تمتد بشكل متوالي في المجرى،او شكل متوازي فيتحول الى مجار صغيرة، أي جدائلي او ضفائري، وقد لا يبقى شكل الجزر ثابتا بل في تغير مستمر تحت تأثير عمليات التعرية والارساب، ومساحتها هي الأخرى غير ثابتة، فالجزر التي تتعرض الى عمليات تعرية مع قلة الارساب تقل مساحتها والجزر التي تتعرض الى عمليات ترسيب عالية مع تعرية محدودة تتسع مساحتها،اما التي تتعرض الى عمليتي ارساب وتعرية متوازنة فتحافظ على مساحتها مع تغيرات محدودة زيادة أو نقصان.

وقد يؤدي الترسيب المستمر الى التحام بعض الجزر بالضفة القريبة منها فتعمل على انعطاف النهر في تلك المنطقة، كما تعمل الجزر على تركز التعرية في جهة والارساب في جهة اخرى، فيسبب ذلك تغير في شكل المجرى من حيث الانعطاف وتقدم وتراجع الضفاف وكثرة الجزر فيتغير المظهر العام للمجرى، أي يمر بمراحل مورفولوجية متنوعة من فترة لأخرى.

2- ارتفاع نسبة ملوحة المياه.

يؤدي حجز المياه أمام السد الى انتشارها على مساحة واسعة من الارض المحيطة بالمجرى، والتي تتباين في تركيبها المعدني،إذ يحتوي بعضها على معادن لها القابلية على الذوبان بالماء، والتي تسهم في زيادة نسبة الملوحة في المياه المخزونة، كما يعمل التبخر أيضا على زيادة تلك النسبة،اذ يرتبط ذلك بسعة الخزان وطبيعة المناخ السائد، لهذا تنتشر تلك الظاهرة في الخزانات الواقعة في المناطق الجافة،كما هو الحال في انهار النيل والفرات ودجلة وغيرها،وقد أظهرت الدراسات ان نسبة الملوحة في نهر الفرات بعد السد ارتفعت الى ثلاثة اضعاف ما كانت عليه قبل انشاء السد، ويظهر ذلك واضحا من خلال المقارنة بين نسبة الملوحة قبل أقامته عام 1985 وبعدها عام1993 وفي 15 /4 من تلك السنتين, جدول رقم(6- 1).

التوصيل الكهربائي EXC مليمو		املاح ذائبة T.S.S (بالمليون)		كالسيوم Ca (جزء بالمليون)		مغنيسيوم Mg (جزء بالمليون)		كلوريدات CL (جزء بالمليون		كبريتات So_4 (جزء بالمليون		عسرة كلية T.H (جزء بالمليون)	
1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	1993	1985	
666	1540	440	1218	48	136	12	68	86	244	173	342	295	

فقد ارتفعت درجة التوصيل الكهربائي من 666 الى 1540 مليموز، والأملاح الذائبة من 440 جزء بالمليون الى 1218، والكالسيوم من 48 جزء بالمليون الى 136، والكبريتات من 173 جزء بالمليون الى 342، والعسرة الكلية من 295 جزء بالمليون الى 592.[13]

وتعد هذه الظاهرة ذات مخاطر واثار سيئة على الانسان ونشاطاته المختلفة ومنها ما يأتي:

أ- التأثير على صحة الانسان، خاصة وان الأملاح مادة ذائبة في الماء ولا تترسب مثل المواد العالقة.

ب- زيادة نسبة تركز الملوحة في التربة التي تسقى بتلك المياه فتعمل على تخفيض إنتاجيتها وبشكل يتناسب عكسيا، تزداد الملوحة يقل الإنتاج.

ت- تساعد الملوحة على سرعة نمو بعض النباتات الطبيعية، لذا تنتشر بسرعة في المناطق الواقعة بعد السد مثل القصب والبردي اللذين يمثلان أهم مشكلة تعرقل عمل مشاريع البزل لنموها بكثافة عالية وبسرعة في تلك القنوات.

ث- تعمل على تأكل الآلات والمعدات التي تستخدم تلك المياه،مثل أجهزة التكييف وخزانات المياه والأنابيب المدفونة.

3- حجز الرواسب أمام السد.

تعمل السدود على حجز كميات كبيرة من الرواسب التي تحملها مياه النهر الى الخزان، وعدم السماح الا لنسبة قليلة جدا منها بالانتقال الى ما بعد السد مع المياه المنصرفة، فعلى سبيل المثال كانت كمية الرواسب التي تحملها مياه نهر النيل حوالي125 مليون طن متري عند سد أسوان، و98% منها خلال موسم الفيضان، الا ان ما يخرج منها بعد السد فقط حوالي 2,5 مليون طن، أي 2% من كمية الرواسب التي كانت تعمل على تحسين تربة وادي نهر النيل ودلتاه من خلال ما تضيفه من تربة خصبة تحسن خصائصها بشكل مستمر فتزيد من قدرتها الإنتاجية، ولغرض التعويض عن ذلك استخدم المزارعون الأسمدة الكيميائية لتعويض النقص في بعض العناصر مثل النتروجين والفوسفات.

كما اثر ذلك على الدلتا التي كنت تتوسع ويرتفع مستواها بسبب تلك الرواسب، الاانها بعد انشاء السد أخذت بالتراجع أمام أمواج البحر بشكل واضح لضعف تماسك تكويناتها وعدم وصول كمية رواسب تعوض النقص الناتج عن التعرية.[14] وكذلك الحال في نهر الفرات فقد بلغت كمية الرواسب التي تصل الى سد حديثه حوالي 21مليون طن سنويا، ما يخرج منها بعد السد اقل من 2مليون طن سنويا.

وقد نتج عن ذلك اثار سلبية متنوعة منها ما يأتي:

أ- يؤدي تجمع الرواسب أمام السد على ارض الخزان الى رفع مستوى قاع الخزان، فتقلل من طاقته الاستيعابية ومن عمره الزمني لانها تشغل جزء كبير من مساحته.

ب- حرمان ملايين الهكتارات من الأراضي الزراعية من تلك الرواسب التي تعمل على تحسين خصوبة التربة لما تحتويه من عناصر ومعادن تؤدي الى زيادة الإنتاج، كما تعمل تلك الرواسب على طمر الأعشاب والحشرات الضارة

والتخلص من أثارها، لذلك لا تحتاج تلك الأراضي الى أسمدة ومبيدات قبل وجود السدود، والتي تكون أضرارها على الانسان والبيئة تفوق منافعها، وكان من نتائج استخدام الأسمدة الكيميائية ارتفاع نسبة الملوحة في التربة وقلة الانتاج. ويمكن استخدام الرواسب في رفع مستوى المناطق المنخفضة الواقعة قرب مجاري الانهار من خلال غمرها بالمياه المحملة بالرواسب في مواسم الفيضان وبصورة متكررة، فتضيف في كل مرة طبقة من الرواسب حتى يصل مستوى تلك الارض الى مستوى الارض المحيطة بها، وتستخدم تلك الطريقة في طمر البحيرات الهلالية.[15]

4- نمو النباتات الغريبة.

أدى بناء السدود الى توفير بيئة ملائمة لنمو النباتات الطبيعية المألوفة وغير المألوفة،اذ انتشرت انواع من النباتات غير معروفة قبل قيام السدود، والتي تكاثرت عند أطراف خزانات المياه ومن ثم انتقلت بذورها الى المناطق الواقعة بعد السد فنمت فوق الضفاف والجزر وانتقلت الى الأراضي الزراعية فأثرت على الإنتاج الزراعي من خلال نموها وانتشارها بشكل كثيف، بحيث لاتسمح للمحاصيل الزراعية بالنمو، وحتى اذا نمت ستكون ضعيفة لعدم حصولها على العناصر التي تحتاجها من التربة، وذلك لاستحواذ النباتات الغريبة عليها، كما إنها تؤثر على الزراعة من خلال التفافها وتسلقها على النبات وتتغذى عليها، وقد كان لذلك مردودات سلبية على النشاط الاقتصادي والتي سببتها السدود،شكل (6-10)صورة توضح كثافة النباتات فوق جزر وضفاف نهر الفرات بعد سد حديثة في محافظة الانبار.



5- انخفاض الطاقة الاستيعابية للنهر.

ان من نتائج التحكم في تصريف المياه بعد السد تجمع الرواسب في قاع المجرى، وتكون الجزر على نطاق واسع فتحولت مجاري الانهار الى قنوات صغيرة تمر من بين تلك الجزر، فنتج عن ذلك انخفاض الطاقة الاستيعابية للقناة عند حدوث الفيضانات، ومن ثم ارتفاع مناسيب المياه الى مستوى يعلو الأراضي السهلية المجاورة، فتتعرض تلك الأراضي الى ظاهرة النزيز او تسرب المياه الجوفية التي تؤدي الى تدمير المنشآت والأبنية والطرق وقنوات الري الواقعة تحت تأثيرها.

6- التأثير على محطات الري.

تقام مشاريع الري عند ضفاف الانهار لسحب المياه من النهر وضخها نحو الأراضي الزراعية, ويتم حفر أحواض صغيرة أمامها مرتبطة بمياه النهر, وفي بعض الأحيان يتم حفر قناة طويلة اذا كانت المياه بعيدة عن الضفة التي تقع عليها المحطة, فعند تجمع الترسبات وتكون الجزر أمام تلك المحطات تحول دون وصول المياه أليها, كما تعمل تلك الجزر على تحويل المجرى الى قنوات صغيرة،وبعضها يقع مباشرة عند بداية القناة التي تغذي محطة الري،فتمنع وصول المياه بكميات كافية لتشغيل المحطة,وهذا ماحدث على نهر الفرات شرق مدينة هيت في منطقة زنكوره ،اذ عملت الرواسب على ظهور جزرة كبيرة حالت دون وصول المياه الى محطة الضخ ،وفي كل الحالات المعالجة مكلفة،والمشكلة تبقى مستمرة, فقد تتطلب بعض الحالات نقل المحطة او شق قناة طويلة لتأمين وصول المياه اليها،والتي تهددها الرواسب بالطمر ويجب كريها بشكل مستمر،شكل (6-11) صورتان تبين الجزرة التي ظهرت امام محطة ضخ المياه.



7-عدم صلاحية المجرى للملاحة.

ان قلة تصريف المياه بعد السد وانخفاض مناسيبها مع ارتفاع مستوى قاع النهر وكثرة الجزر وتحوله الى قنوات صغيرة تحول دون الملاحة في تلك الانهار، وحتى السد نفسه يشكل عائقا أمام استمرارها بين المناطق الواقعة قبل وبعد السد،وكما هو واضح في الصور السابقة.

8- نمو الطحالب.

تعد الخزانات بيئة مناسبة لنمو الطحالب التي تحتاج الى مياه راكدة وضحلة لذا انتشرت على نطاق واسع عند أطرافها والتي تسبب الكثير من المشاكل منها تغير لون المياه نحو الاخضرار، كما أنها تنتقل مع المياه الخارجة من السد الى المناطق الواقعة بعده فتستقر في المياه الراكدة قرب الضفاف والجزر وأحواض محطات الري ومياه الشرب، وتنمو في

تلك المواقع بكثرة فتغطي انابيب المحطات ومصافيها الواقعة في الماء فتقلل من كفاءة عملها،وربما تؤدي الى توقفها، وعليه يجب تنظيفها بين فترة واخرى لضمان استمرار عملها.

9- التأثير على صحة الانسان.

تؤدي السدود والخزانات ونظم الري الى حدوث ظواهر سلبية ذات مخاطر كبيرة على صحة الانسان، والتي لا يستطيع مخطط المشروع من التكهن بها، وهذا ما أظهرته العديد من الدراسات بان بعض تلك المشاريع كانت سببا في ارتفاع نسبة الإصابة ببعض الأمراض، فعلى سبيل المثال ما حدث في نهر السنغال الذي أقيمت عليه عدة مشاريع كانت السبب في انتشار أمراض البلهاريزيا وحمى الوادي والملاريا،اذ وفرت الخزانات بيئة مناسبة لعيش البعوض الناقل للمرض، فضلا عن أمراض الكوليرا والإسهال.[16]

10- تغير طعم المياه.

أن من نتائج حجز المياه تغير طعمها ولونها بسبب زيادة نسبة الأملاح والمعادن والعناصر التي تذوب فيها، كما تعمل الخزانات على حجز مخلفات الأشجار والنباتات المختلفة والحيوانات الميتة والتي تستقر قرب الشواطئ الضحلة، فتتعرض الى التحلل والتفسخ فينتج عنها روائح كريهة تنعكس أثارها على طعم تلك المياه، فضلا عما ينتج عنها من تلوث يؤثر على صحة الانسان.

11- ارتفاع نسبة التلوث في مياه النهر اسفل السد.

يعتمد سكان المناطق القريبة من مجاري الانهار في التخلص من مياه الصرف الصحي والمصانع بتوجيهها نحو الانهار، والتي تنقلها بدورها الى البحار التي تصب فيها، وبمرور الزمن يزداد عدد السكان وتزداد كمية تلك المياه الملوثة التي تحتاج الى انهار ذات تصاريف عالية لاستيعابها، في حين الذي يحدث العكس، اذ عملت السدود على تخفيض كمية المياه في الانهار التي تقام عليها فقلل من قدرتها على نقل تلك المواد، مما أدى الى ارتفاع نسبة الملوثات في مياه الانهار وزادت نسبة تركز بعض العناصر مثل النتروجين والفسفور والمواد العضوية فادت الى نمو الطحالب وموت بعض النباتات المائية التي كانت تحافظ على التوازن في بيئة الانهار،من خلال أخذ ثاني أو كسيد الكاربون وتطرح الأوكسجين، والذي ادت قلتها في الماء الى موت الأسماك والأحياء المائية المختلفة.

12-التأثير على بيئة البحار.

تؤثر الانهار على بيئة البحار التي تصب فيها لانها تمثل المصدر الأساسي لمياه تلك البحار، كما يرتبط بها نوع الإحياء التي تعيش فيها،والمثال على ذلك بحر ارال في أسيا الوسطى الذي تعرض الى انخفاض مناسيب المياه الى

نصف ما كانت عليه،,والذي كان يمثل أحد البحار الكبيرة في العالم،الا ان إقامة السدود على الانهار التي تصب فيه(اموداريا وسريداريا) والتي ادت الى تحويل حوالي90% من المياه التي كانت تصل الى البحر، فأدى ذلك الى ارتفاع نسبة الملوحة الى ثلاثة اضعاف ما كانت عليه، فتسبب ذلك في اختفاء حوالي 20 نوع من الأسماك التي كانت تعيش في البحر، كما انحسرت المياه عن مساحة واسعة منه تقدر بحوالي 36 ألف كم^2، فتحولت الى ارض جرداء تجوبها العواصف الرملية والترابية ذات الملوحة الشديدة والتي تنقلها الرياح الى مسافات طويلة تصل مئات الكيلومترات، والتي تؤثر على الانسان والنبات والحيوان وخاصة المناطق التي تقع في مهب الرياح القادمة من تلك المنطقة.[17]

13- تدني إنتاج الرز.

ان من نتائج إقامة السدود على الانهار الرئيسية تدني الإنتاج الزراعي بصورة عامة للأسباب التي مر ذكرها، ويظهر بشكل متميز في إنتاج الرز الذي يعتمد على المواد الطينية والغرينية التي تجلبها مياه الانهار في مواسم الفيضان،وترسبها فوق السهول والمناطق المنخفضة والدلتوات التي تغمرها المياه،والتي لم تعد موجودة بعد اقامة السدود وحجزها للرواسب أمامها، وهذا ما عانت منه عدة دول مثل كمبوديا والعراق ومصر وغيرها.

14- التأثير على حركة الاسماك.

تتحرك الاسماك من مكان لاخر ضمن مجاري الانهار ،وقد تكون موسمية،اذ تتخذ الاسماك المواقع الآمنة عند تكاثرها، لذا تهاجر اليه في ذلك الموسم، وبعد اقامة السدود حالت دون انتقالها الى تلك المواقع.

15-الاثار الاجتماعية والاقتصادية.

ينتج عن اقامة السدود اثار اقتصادية واجتماعية متعددة، فمن الاثار الاجتماعية هي تهجير أعداد كبيرة من السكان سواء الذين تتعرض أماكن أقامتهم للغمر قبل السد او لشحه المياه بعد السد، وهذا يقضي على التآلف الاجتماعي الذي كان قائما، خاصة اذا لم توفر لهم مساكن بديلة في مكان واحد، اذ يتوجه معظمهم نحو المدن القريبة،والتي تواجه مشاكل كثيرة في سبيل توفير متطلبات الحياة الحضرية وفق المعايير المتبعة،وفي حالة عدم القدرة على ذلك سيشكلون ضغطا كبيرا على خدمات السكان الأصليين، وتبدأ الظواهر السلبية بالظهور،من مناطق سكنية عشوائية وبطالة وسلوك منحرف وغيرها.

16-المخاطر الناتجة عن انهيار السدود:

ان تعرض بعض السدود المقامة على مجاري الانهار الى الانهيار لاسباب مختلفة تكون اثارها كبيرة ووخيمة،اذ ينتج عن انهيارها كوارث كبيرة لاينجو منها من يسكن بعد تلك السدود، والشواهد كثيرة،ومنها في البلاد العربية انهيار سد

زيزون في سوريا في 2002/6/4 وما خلفه من دمار وخراب في القرى التي تقع اسفل السد في محافظة حماة،وكذلك ماحدث في روسيا سنة 2009،فقد انهار سد شرق روسيا،وانهيار سد في اندونيسيا سنة 2009،كما انهار سد في الصين بتاريخ 2010/6/13، والذي تسبب في خسائر مادية وبشرية كبيرة،والشواهد كثيرة على ذلك،لذا يحتاج بناء السدود الى اعادة النظر في اقامتها واختيار المواضع المناسبة الاكثر امانا.

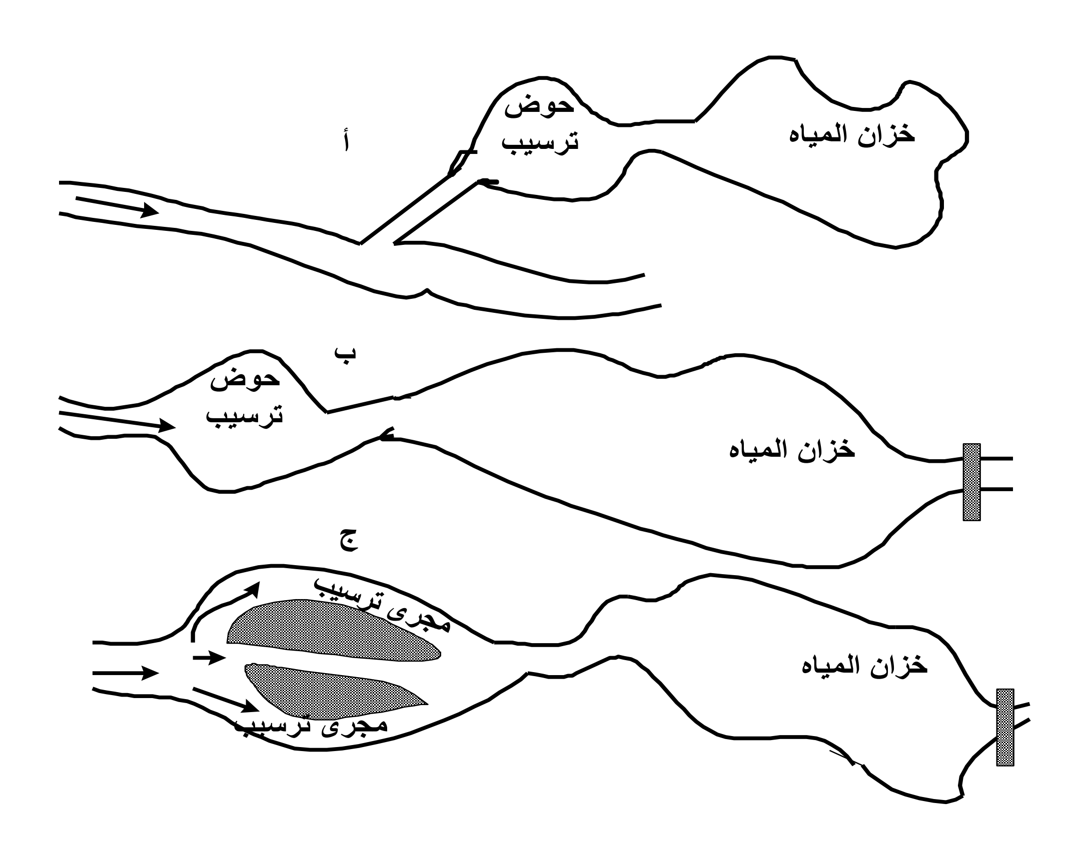
ثانيا- الإجراءات المناسبة للحد من اثار السدود والخزانات.

1- تحديد الغرض الرئيسي من انشاء السد لخزن المياه أم توليد الطاقة الكهربائية،لاتخاذ الإجراءات المناسبة لكل منهما،اذ يوجد تناقض فيما يجب ان تكون عليه مناسيب المياه،إذ يحتاج الخزن الى مناسيب منخفضة في الخزان لاستيعاب موجة الفيضان،في حين يحتاج توليد الطاقة مناسيب مرتفعة لتولد ضغط كبير يعمل على تدوير التوربينات، ويفضل اقامة السدود الخاصة بتوليد الطاقة والخزن على الروافد الكبيرة التي تصب في الانهار الرئيسية.

2- عدم إقامة السدود والخزانات على مجاري الأنهار الرئيسية لكثرة المشاكل المرافقة لها، كما مر ذكرها، وعند الضرورة يفضل أن تكون الخزانات جانبية،خاصة إذا توفرت منخفضات طبيعية مثل منخفضي الحبانية والثرثار في العراق، وفي حالة عدم توفرها يمكن عمل خزانات اصطناعية من خلال حفر مساحة واسعة من الأراضي في مواقع ومواضع ملائمة لذلك،والتي يمكن التحكم بعمقها وسعتها حسب الحاجة.

3- الحد من كمية الرواسب الداخلة الى الخزانات والتي تقلل من طاقتها الاستيعابية، وبالتالي يقل عمرها الزمني، فمن خلال عمل أحواض ترسيب اولية قبل وصول المياه الى الخزان اذا كان موقعه جانبي، شكل (6-12أ)،وفي حالة وقوع الخزان ضمن مجرى النهر فيمكن توسيع المجرى قبل الخزان فيؤدي ذلك الى تخفيض سرعة الجريان ومن ثم ترسيب كمية كبيرة من الرواسب التي تحملها مياه النهر قبل الخزان، شكل (6-12ب)،اوعمل مجاري جانبية تخرج من المجرى الرئيسي وتعود اليه مرة اخرى قبل الخزان، وتكون واسعة وعلى مستوى يعلو منسوب المياه الاعتيادي بحيث يكون عملها أوقات ارتفاع مناسيب المياه، أي عند حدوث الفيضانات التي يرافقها كميات كبيرة من الرواسب فتعمل تلك القنوات على ترسيب نسبة كبيرة منها قبل ان تصل الى الخزان، شكل (6-12ج).

شكل (6-12)مخطط أحواض ومجاري ترسيب



4- اتخاذ الإجراءات المناسبة للحد من نمو الطحالب والحشائش والأدغال في الخزان من خلال تعميق المناطق الضحلة،اوعمل سداد ترابية تحول دون وصول المياه الى تلك المناطق اذا كانت تقع عند أطراف الخزان.

5- كري مجاري الانهار بشكل مستمر بعد السد، لضمان استمرار الجريان بشكل منتظم والتخلص من الجزر والرواسب الموجودة في قاع المجرى،وما ينتج عنها من اثار التي مر ذكرها.

6- التأكد من صلاحية الموقع والموضع لانشاء السدود والخزانات من خلال أجراء دراسات موقعيه شاملة ووافية لجميع الجوانب.

7- الاستفادة من المراكز البحثية في تقييم المشاريع التي تنوي الدولة أقامتها،مثل المراكز الاستشارية في الجامعات, كما يتم عقد ندوات حول المشروع المزمع أقامته للوقوف على السلبيات والإيجابيات من خلال ما يقدمه الباحثون من أفكار في هذا المجال والتي ستؤدي الى زيادة الإيجابيات وتقليل السلبيات.

المبحث الرابع-مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة.

تختلف السدود التي تقام على الاودية الجافة عن التي تقام على مجاري الانهار ،إذ تكون الأولى احتجازية،أي حجز المياه أمامها فقط،في حين تكون الثانية احتجازية تنظيمية،أي تحجز المياه وتنظم تصريفها الى المناطق الواقعة بعد السد، لذا تكون اكثر كلفة وتعقيدا من الأولى.

ومن السدود التي تقام على الاودية الجافة في المناطق الصحراوية هي السدود الارضية الترابية المارة الذكر ،والتي يعتمد اختيار مواقعها ومواضعها على معلومات جيولوجية وجيومورفولوجية وهيدرولوجية،والتي يتشابه الكثير منها مع ما تم ذكره في مواضع ومواقع السدود على مجاري الانهار ،الاانها تحتاج الى معلومات تتميز بها عن النوع السابق،وتتمثل في جوانب عدة منها ما يأتي:

اولا- معلومات جيومورفولوجية.

يعد الوضع التضاريسي للمنطقة من العوامل المهيمنة على طبيعة التصريف عند سقوط الامطار، وهذا يحتاج الى دراسة مورفومترية ووصفية لعناصر عدة منها ما يأتي:

1-حوض الوادي

يمثل حوض الوادي المنطقة المحيطة به التي ترد مياهها اليه عند سقوط الامطار، ويعتمد ذلك على عدد الاودية في المراتب المختلفة وأطوالها التي تنقل المياه من أرجاء الحوض الى مجرى الوادي الرئيسي، فكلما زاد عددها وأطوالها أسهمت في نقل اكبر كمية من مياه الامطار الساقطة فوق الحوض الى الوادي وبالعكس،لذا تعد من العناصر الاساسية والمهمة في تقرير مواقع ومواضع السدود والخزانات وعددها.

ومن الجوانب الأخرى المهمة في هذا المجال طوبوغرافية الحوض، إذ يزداد التصريف مع ارتفاع أطراف الحوض وانحدارها نحو الوادي، فتقل الضائعات المائية,وبالعكس،كما يتأثر التصريف بطبيعة تكوينات الحوض السطحية ومساميتها،وخاصة في المناطق البطيئة الانحدار ،اما المتوسطة والشديدة الانحدار لاتعطي فرصة للمياه بالتسرب لسرعة الجريان.

2-المقاطع الطولية والعرضية للوادي.

تعد المقاطع الطولية والعرضية ذات أهمية كبيرة في تحديد مواقع ومواضع السدود وخزن المياه، والتي تحتاج الى مواضع ضيقة وعميقة وانحدارات معتدلة في سفوح الوادي لتجنب حدوث عمليات جيومورفولوجية مختلفة.

3-الطول الحقيقي والمثالي للوادي.

ان معرفة الطول الحقيقي والمثالي يوضح مدى تعرج الوادي، والذي يؤثر على المسافة التي تقطعها المياه الجارية فيه، اذ يزداد طول الوادي كلما زادت المنعطفات فيه فترتفع نسبة الضائعات المائية لمرورها عبر مسافة اطول ومساحة

اكبر، وتعرضها لعناصر المناخ لفترة اطول، فتؤدي الحالة الأولى الى تسرب كمية اكبر من المياه وتسهم الحالة الثانية في زيادة نسبة التبخر.

4-طبيعة العمليات الجيومورفولوجية.

تحدث في الحوض عامة والوادي خاصة عمليات جيومورفولوجية مختلفة من تعرية وتجوية وارساب وانهيارات وانزلاقات تنعكس أثارها على السد والخزان وكمية ونوعية المياه، فقد تعمل التعرية على جرف كميات كبيرة من الرواسب تتجمع في الخزان فتقلل من طاقته الاستيعابية، في حين تعمل التجوية على تفكك التكوينات السطحية فتسهل عملية تعريتها وأذابتها عند سقوط الامطار، فيؤثر ذلك على السد والخزان.

ثانيا- التكوينات السطحية وتحت السطحية.

ان أهمية التكوينات السطحية في اقامة السدود والخزانات على الاودية الجافة لاتقل أهمية عن التي تقام على الانهار رغم وجود اختلافات بينهما في جوانب عدة منها:

1-الخزانات على الانهار أوسع مساحة من التي تقام على الاودية واكثر استيعابا، وتشغلها المياه باستمرار، في حين تكون الخزانات على الاودية الجافة اقل مساحة واستيعابا وتشغلها المياه في مواسم معينة، لذا تكون مواضعها اقل تعقيدا من الأولى.

2-يعتمد بناء السدود النهرية على طبيعة التكوينات تحت السطحية، في حين تعتمد الثانية على التكوينات السطحية ، لذلك اختيار مواضعها اسهل من النوع الاول.

3-تكون السدود المقامة على الانهار اكبر حجما واثقل وزنا من السدود المقامة على الاودية الجافة.

4-يرتبط بالسدود المقامة على الانهار منشآت عدة لانها احتجازية تنظيمية، في حين لا يرتبط بسدود الاودية سوى محطات ضخ لانها احتجازية فقط.

ثالثا- النظام الهيدرولوجي.

ان النظام الهيدرولوجي في المناطق الجافة يعتمد على طبيعة المناخ السائد في المنطقة كالتساقط بانواعه والحرارة والرياح، فالتصريف يرتبط بالتساقط ،اما الحرارة والرياح فهي عناصر مؤثرة عليه، لذا سيتم تناول كل منهما على حدة.

1-الامطار

تعد الامطار المصدر الأساسي للمياه في المناطق الجافة،والتي على ضوءها يتقرر انشاء السد أم لا ، لذا تتم دراستها بدقة ومن جوانب عدة منها ما يأتي:

أ- معدلات التساقط خلال السنة ومواسم تساقطها، وذلك بالرجوع الى بيانات التساقط في السنوات السابقة ولفترات زمنية طويلة لاتقل عن 30سنة لمعرفة أعلى واقل المعدلات،والتي على ضوءها يمكن تقدير كمية المياه المحتمل تجمعها في السنوات المطيرة والجافة، والتي تتأثر بعوامل مناخية وجيومورفولوجية وجيولوجية.

ب- غزارة الامطار وشدتها خلال فترة التساقط خلال اليوم الواحد لفترة قصيرة اقل من ساعة اوعدة ساعات او يوم كامل،او اكثر، ويحسب ذلك من قسمة كمية الامطار على الفترة التي سقطت خلالها بالساعات او الدقائق.

ت- التغير في كمية التساقط ، وهي النسبة المئوية بين الزيادة او النقصان في التساقط ومعدله السنوي العام، فكلما كانت النسبة المئوية كبيرة دلت على ان التغير كبير في سقوط الامطار سالب او موجب، ووفق المعادلة الآتية:

$$\text{معدل التغير في التساقط} = \frac{\text{متوسط الزيادة او النقصان في التساقط عن المعدل السنوي العام}}{\text{المعدل السنوي العام}} \times 100$$

ويتضح من خلال ذلك اتجاه معدلات الامطار نحو الزيادة اواالتراجع.[18]

ث- القيمة الفعلية للأمطار اوما يسمى بمعامل الجفاف ويمكن ان يكون وفق معادلة دي مارتون الآتية:

$$Y = \frac{P}{T+10}$$

P معدل الامطار السنوي

T المعدل السنوي لدرجات الحرارة

وعلى ضوء النتائج تحدد طبيعة المناخ السائد من حيث الرطوبة والجفاف، وكما في الجدول رقم (7-2).[19]

جدول رقم (6-2) نوع المناخ حسب معادلة دي مارتون

معدل الجفاف	نوع المناخ
اقل من 5	مناخ جاف
5- 10	مناخ شبه جاف
10- 20	مناخ شبه رطب
20- 30	مناخ رطب
اكثر من 30	مناخ رطب جدا

2- الحرارة.

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة الى زيادة نسبة التبخر من المياه المتجمعة أمام السد، كما تؤثر على الامطار الساقطة من خلال تبخر قسم منها عند وصولها الى الارض مباشرة، والبعض عند جريانها في الاودية، فتزداد نسبة المفقود من مياه الامطار بسبب الحرارة.

3- الرياح.

تتميز الرياح في المناطق الصحراوية بسرعتها لقلة المعوقات والمصدات التي تعترضها، فضلا عن جفافها وكل ذلك يساعد على زيادة نسبة التبخر من المياه المتجمعة والأمطار أثناء سقوطها قبل ان تصل الى الارض،اذ تعمل الرياح على تمزيق قطرات المطر الكبيرة الى قطرات صغيرة الحجم تستطيع الرياح من حملها مسافة بعيدة عن مناطق سقوطها، ويزداد تأثير الرياح على المياه المتجمعة اذا كانت منتشرة على مساحة واسعة.

ولغرض الحد من مشكلة التبخر يمكن اعتماد التدابير آلاتية:

1-زرع أشجار طويلة وكثيرة الفروع حول الخزان لتقليل اثر الرياح والحرارة، إذ تعمل على الحد من كمية الإشعاع الشمسي الواصل الى المياه المخزونة، كما تقلل من سرعة الرياح المارة فوق الخزان فيقل تأثيرها على المياه المخزونة.

2-حفر خزانات اصطناعية عميقة وضيقة أمام السد وعلى جانب واحد من الوادي او على جانبيه حسب ما تقتضيه الحاجة وكمية المياه المتوقع تجمعها، ويفضل تغطيتها بأي مادة متوفرة يمكن استخدماها في هذا المجال،المهم تكون الارض صالحة للخزن، ويمكن انشاء عدة خزانات بشكل متتالي اذا كانت طبيعة الارض وكمية المياه تسمح بذلك.

3-استخدام المركبات الكيميائية التي تقلل من شدة التبخر عند رشها فوق سطح الماء، مثل استيل الكحول[هكسا ديكا نول] الذي يعد من اكفأ المواد التي تم استخداماها في خزان مساحته حوالي 800 هكتار فانخفضت نسبة التبخر الى 37% وبكلفة زهيدة حوالي واحد بنس لكل 3780لتر ماء،علما بان تلك المادة لا تؤثر على الخواص العامة للماء من حيث الطعم والرائحة والتأثيرات البايلوجية.(20)

ومن الجدير بالذكر ان تحديد مواضع السدود والخزانات على الاودية الجافة يتطلب دراسة هيدرولوجية لمعرفة منسوب الجريان الذي يشهده الوادي عند حدوث السيول في السنوات الماضية، وحتى اذا لم تتوفر محطات قياس للمناسيب يمكن معرفة ذلك من خلال ما تركته السيول من اثار تعرية او ارساب على ضفاف الاودية، وقد وضعت عدة معادلات لهذا الغرض ولكنها غير دقيقة لصعوبة التحكم بالعناصر المؤثرة في ذلك وقياسها.

المبحث الخامس-سد الموصل المشاكل والمخاطر

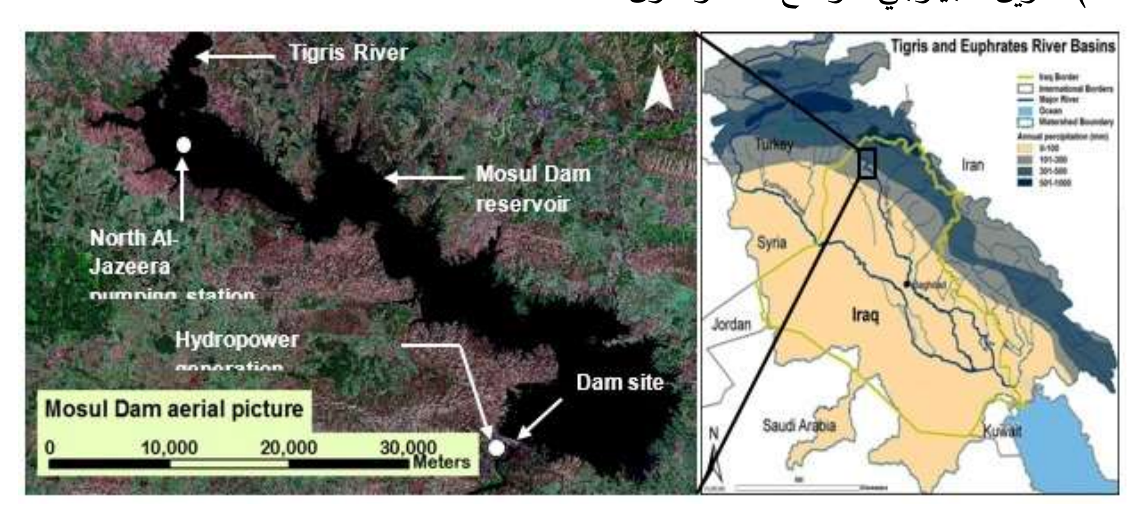
اولا-موقع سد الموصل و المشاكل فيه

يقع سد الموصل على بعد (80) كيلومتر عن الحدود العراقية التركية، ونفس المسافة عن الحدود العراقية السورية، شكل(6-13أ-ب) صورتان لموقع السد والخزان.



إن ارتفاع السد من أوطأ نقطة في النهر113 متراً، بطول كلي 3,4 كم،أما عرض قمته فيبلغ 10 أمتار.

تتكون أسس سد الموصل من طبقات صخرية تعود بالأصل إلى تكوين الفتحة الجيولوجي، وهو تكوين تكثر فيه الطبقات الصخرية الجبسية ذات القابلية العالية للذوبان في الماء وبسمك يصل الى(18) متراً للطبقة الواحدة في بعض الأحيان، كما تتخللها طبقات خفيفة من الطين بالإضافة إلى طبقات من حجر الكلس المتآكلة والمتكسرة وحتى المتكهفة، فتتكون مجاري واسعة لجريان المياه الأرضية فيها ومن خلالها، لذا أدت هذه التركيبة الجيولوجية المعقدة إلى المشاكل الكبيرة في سد الموصل سواء عند التنفيذ أو لاحقاً عند إملاء الخزان وبعدها عند التشغيل،شكل(6-14)التكوين الجيلوجي لموضع السد والخزان.



ثانيا- مشاكل موضع السد

ان اهم المشاكل التي تواجه السد تدفق مياه الرشح بعد إملاء الخزان مباشرة، وتحديداً في شتاء عام (1986)، فقد ظهرت ينابيع الرشح من تحت السد في الكتف الأيسر وفي مقطع النهر، مما تتطلب القيام بالتدخل المكثف والسريع لتقوية أعمال التحشية في هذه المناطق نظراً للأخطار المحدقة بالسد والمتمثلة في إذابة الصخور الجبسية في الأسس في هذه الأماكن خاصة، وأن نسبة كبريتات الكالسيوم في المياه المتسربة ازدادت بدرجة كبيرة، مما يدل على حصول حالة ذوبان تلك الصخور تحت تأثير الضغط المائي الناجم عن امتلاء الخزان، ولم يكن الأمر مقصوراً على هذا فقط، فقد كانت هناك مشكلة أكبر ظهرت في بداية عام (1985)،اذ تعثرت أعمال تحشية ستارة التحشية العميقة بشكل كبير أيضاً، وكان السبب هو وجود تعقيد جيولوجي آخر يتمثل بوجود أربع طبقات من الصخور الجبسية المتهشمة والهشة والمختلطة مع دقائق من الطين غير المتماسكة في أعماق مختلفة في مقطع النهر سميت طبقة البريشيا الجبسية رقم (0) تليها باتجاه الأعلى صعوداً الطبقات الأخرى حتى طبقة البريشيا الجبسية رقم (3) التي تقع مباشرة تحت أسس منشأ مصب المسيل المائي.

لقد أظهرت هذه الطبقات مقاومة شديدة للحقن أو التحشية، وكان واضحاً عند المباشرة بالخزن وازدياد منسوب الخزان أن هناك مناطق ضعف كبيره في طبقات المناطق التي تخترق فيها طبقات البريشيا، حتى قد سميت تلك المساحات غير المحقونة بالشبابيك، كما لوحظ لاحقاً تدهور وذوبان في المناطق التي سبق تحشيتها من تلك الطبقات،شكل(6-15)صور تظهر اشكال ذوبان الطبقات الصخرية تحت السد.



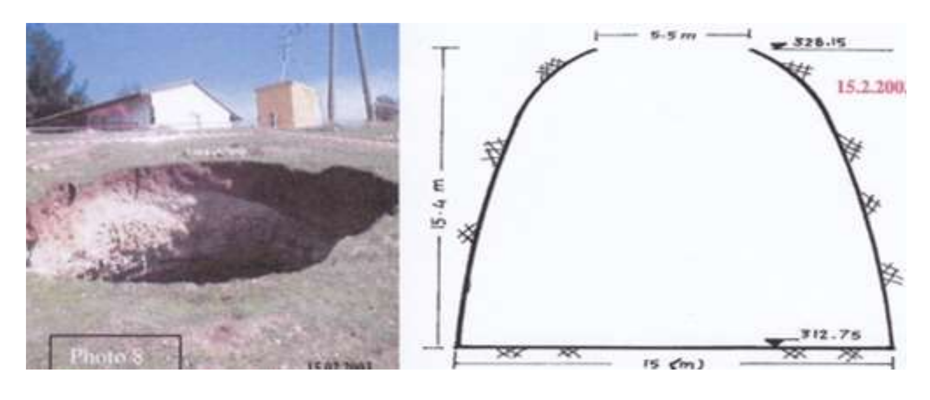
لقد افترض الاستشاري المصمم عند إعداد التصاميم بأن أعمال التحشية لن تلقى أي عائق خلافاً لما ظهر لاحقاً، غير أن المحاولات استمرت في معالجة الستارة خلال الأعوام (1986) و(1987) بتجربة طرق ووسائل ومواد جديدة

دون جدوى، وأخيراً أقر الجميع بأن هذا الأمر غير ممكن من الناحية الفنية والعملية، لذا اعتبرت أعمال التحشية في الستارة أعمال ذات طبيعة مستمرة كأعمال صيانة دائمية يجب أن تمتد إلى أجل غير مسمى، وهكذا فإن أعمال التحشية قد استمرت خلال الثلاثين سنة المنصرمة دون أمل في توقفها في أي وقت في المستقبل، وبلغت كميات مواد التحشية المحقونة منذ عام (1986) لغاية منتصف (2014) ما يزيد عن (90000) طن من مواد التحشية الصلبة.

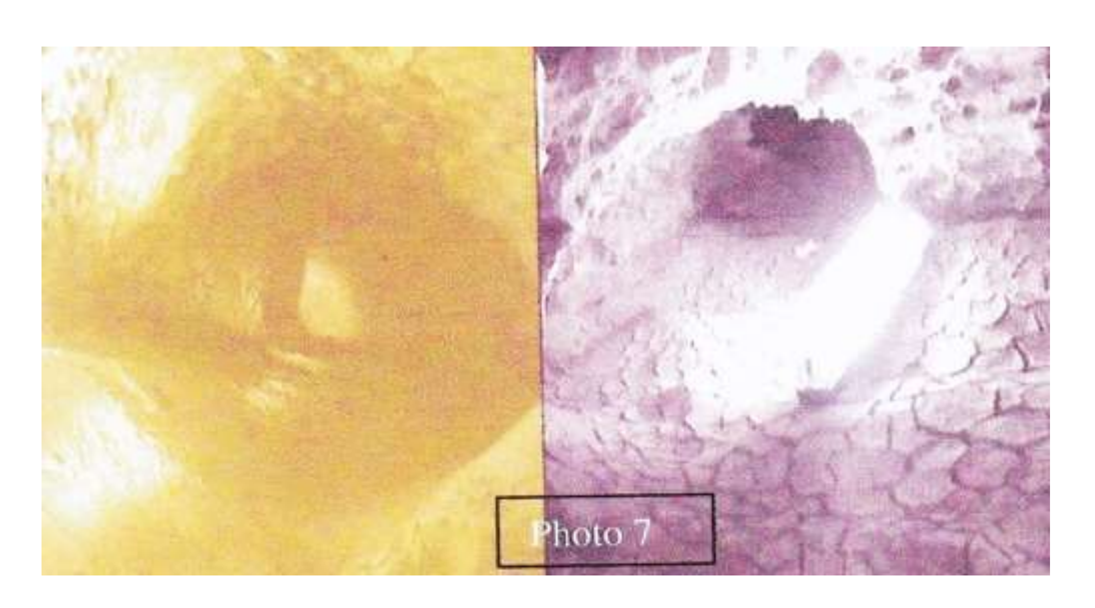
وفي هذا الصدد فإنه خلال هذه الفترة فقد تطلب الأمر التدخل العاجل والسريع عند اكتشاف كهوف ذائبة تتخلل الستارة بضخ كميات كبيره جداً من مزيج التحشية وبصورة سريعة للغاية للتغلب على ضغط المياه المتدفقة من خلاها، كما استدعى الأمر اعداد خليط من مزيج التحشية الكثيف القوام بإضافة الرمل إليه لإمكانية إملاء التكهفات، وتطلب الأمر أيضاً استعمال وسائل للتدخل الواسع والسريع بوضع ثلاثة أنابيب حديدية تخترق جسم السد من القمة إلى رواق التحشية لكي يتم ضخ مزيج التحشية من خلالها إلى الرواق، ومن ثم إيصاله إلى نقاط التحشية المعنية.

أما مزيج التحشية فيتم خلط المواد الجافة (السمنت والرمل) في معمل خلط الخرسانة لينقل بعدها بواسطة الخباطات السيارة إلى معمل خلط مزيج البنونايت والماء،اذ يضاف المزيج المذكور مع المواد الجافة قبل نقله إلى مواقع أنابيب التجهيز على قمة السد.

لم تقتصر المشاكل على ما يحصل في ستارة التحشية العميقة فحسب، بل تعدى ذلك إلى ظهور خسفات أرضية وأنفاق ذائبة في حافات الخزان وعلى أعماق مختلفة منه بعد الإملاء الأولي له،بالإضافة إلى خسفات أرضية متطورة أخرى مؤخر السد في الجانبين الأيمن والأيسر وحوله، مما يؤشر على تكون شبكة متطورة من قنوات الذوبان التحت سطحية والتي ظهرت في عقد التسعينيات، وفي الشكل (6-16) أحد تلك الخسفات في الجانب الأيسر ليس بعيداً عن قاعدة السد.



كما أظهرت دراسة حديثة بعد إجراء مسح قعري للخزان وجود الكثير من الخسفات المختلفة بالأبعاد والأحجام في قعر الخزان نفسه،شكل(6-17) صورتان تبين انفاق ذوبان في حافة خزان المياه امام السد.



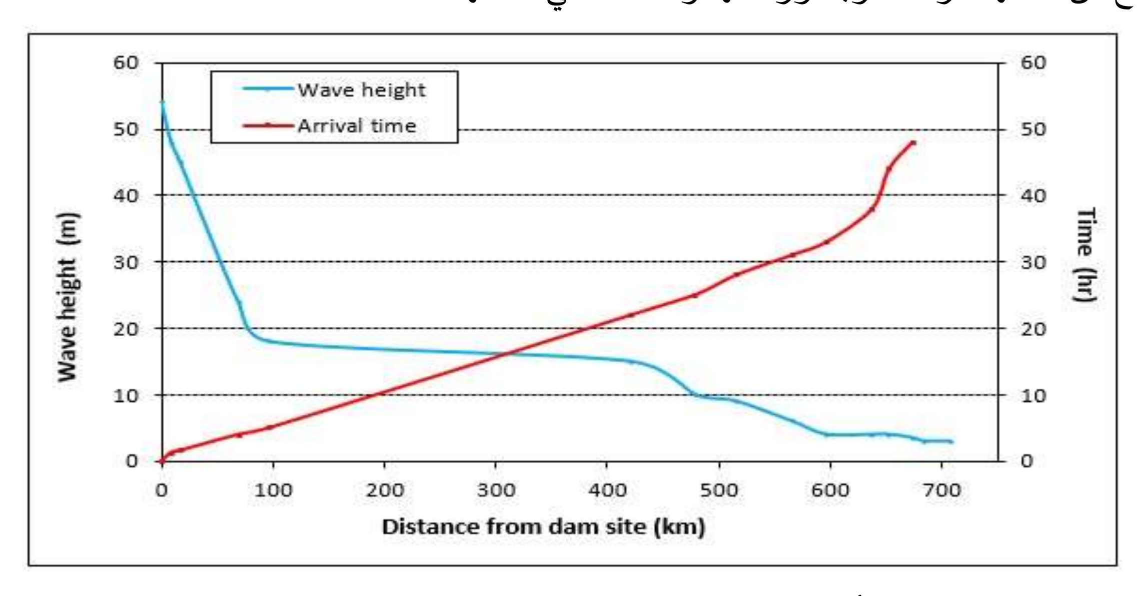
لقد بقيت مجريات هذه الأمور قيد التداول الشبه سري وضمن دائرة ضيقة جداً، حتى كشف عنها فريق المهندسين في الجيش الأمريكي بعد احتلال العراق عام 2003 ،وبعد أن تعاقد مع تحالف شركة واشنطن كروب انترناشنال الأمريكية مع شركة بلاك اند فيج البريطانية للقيام بإعداد دراسة معمقة عن حالة السد واقتراح الحلول لزيادة سلامته، فقدمت الشركتان تقريرهما في آب (2004) الذي سلط الضوء على الاحتمالية الكبيرة لانهيار السد، وقد أوصى التقرير بضرورة استمرار أعمال التحشية وتحسين الإمكانيات لها كإجراء قد يمدد من عمر السد، إلا أنه لن يلغي احتمالية انهياره يوماً ما، كما أوصى التقرير بإكمال انشاء سد بادوش الذي سبق التخطيط له كسد حماية على اعتباره الإجراء الوحيد الممكن لحماية حوض نهر دجلة من الغرق، علماً بأن السد المذكور يقع على مسافة (30) كيلومتر أسفل سد الموصل، وأن أسسه من حجر الكلس الصلد وسعته المخصصة للحماية تكفي لاستيعاب الحجم الكلي للموجه الفيضانية الناتجة من انهيار سد الموصل، وفي ضوء تطور الخسفات في موضع السد فقد قامت وزارة الموارد المائية بتحديد المنسوب التشغيلي الأعلى للخزان بما لا يزيد عن منسوب (219) متر فوق مستوى سطح البحر بدلاً من المنسوب التصميمي البالغ (330) متر فوق سطح البحر.

ثالثا–مخاطر وآثار انهيار سد الموصل المتوقعة

إن المشاكل التي تم عرضها قد أثارت المخاوف والشك حول كفاءة أسس سد الموصل وسلامته، وعليه قامت الشركتان المتعاقدتان مع فريق المهندسين في الجيش الأمريكي سنة (2004) بمراجعة تقرير دراسة الموجة الفيضانية في حالة انهيار السد المعدة سنة (1984) وخاصة الطرق الرياضية المستعملة والمدخلات في النماذج الرياضية ومن ثمّ المخرجات الناتجة من تلك الحسابات والمتمثلة بتصاريف الموجة على طول مسارها جنوباً والتغيرات في ارتفاع الموجة والمساحات المعرضة للغمر خلال ذلك الحدث، وقد جاءت نتائج هذا التدقيق إلى تطابق نتائج المراجعة مع نتائج الدراسة الأصلية.

إن من الثابت الآن أن سد الموصل قد تم بناؤه في المكان الخطأ لتحكمه بحوض نهر دجلة بالكامل، وبالعودة إلى تقرير الموجه الفيضانية المعد سنة (1984) لابد من تسليط الضوء على ما جاء فيه من نتائج كارثية بالأرقام ففي الشكل(6-18)مخطط بياني لتوضيح المتغيرات المحتملة عند انهيار سد الموصل.

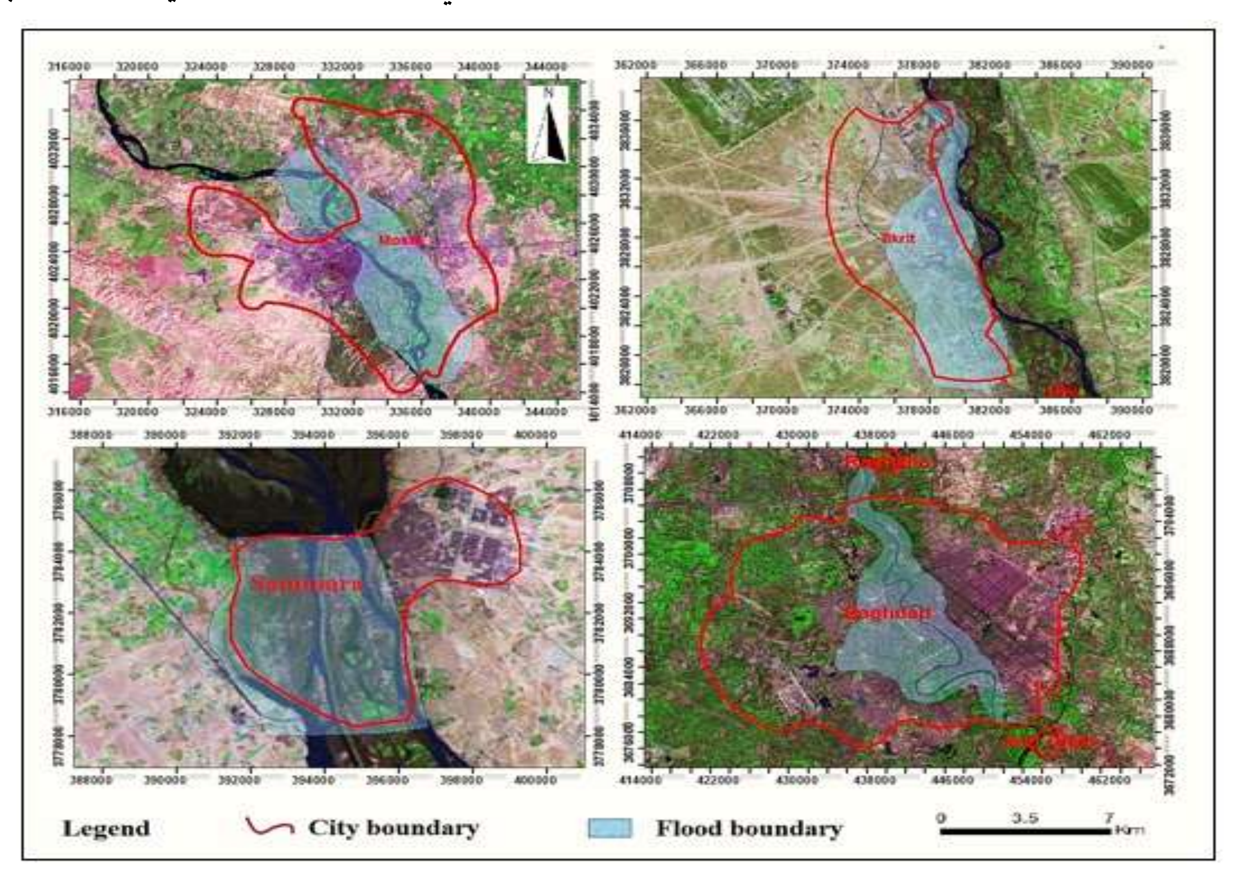
والتي يتضح من خلالها سرعة الموجة وارتفاعها والمسافة التي تقطعها.



اما الجدول رقم(6-5) فيوضح بالأرقام تصاريف الموجة عند مرورها بالمواقع المهمة على مجرى النهر وتغير ارتفاع مناسيبها وأوقات وصول الموجة، بالإضافة إلى المساحات التي ستغمرها المياه في المدن الرئيسية التي تمر بها .

Location	Discharge $m^3.sec^{-1}$	Time of Arrival hr.	Wave Height m	Distance km	Flood area Km^2
Dam site	551,000		54	0	
Regulating Dam	545,000	1.3	48	9	
Eski Mosul	481.000	1.6	45	17	
Mosul City	405,000	4	24	69	74.044
Hamam Ali	370,000	5	18	97	
Tikrit	185,000	22	15	422	68.985
Sammara	162,000	25	10	479	30.100
Balad	115,000	28	9	516	
Khalis	81,000	31	6	566	
Tarmiya	72,000	33	4	597	
Baghdad (North)	46,000	38	4	638	
Baghdad (Center)	35,000	44	4	653	216.934
Baghdad (South)	34,000	48	3.5	674	
Diyala Confluence	34,000	>48	3	685	
Salman Pak	31,000	>48	3	708	

أما الشكل(6-19) صور فضائية توضح امتداد المساحات المحتمل غمرها بمياه الموجة،وهي المساحات الملونة باللون الأزرق، أما الخطوط الحمراء فتبين حدود المدن المشمولة وهي كل من الموصل وتكريت وسامراء وبغداد.



وهذا يعني إن الجزء الشمالي وكذلك الجزء الوسطي من حوض نهر دجلة سوف يتعرضان للدمار الشامل نتيجة الموجة الفيضانية من سد الموصل في حالة انهياره،وسوف تكون الخسائر بالأرواح بما يزيد على النصف مليون شخص كتخمين متواضع جداً بسبب غياب الاحصائيات الحديثة.

أما الخسائر المادية فسوف تصل إلى تريليونات الدولارات بسبب تدمير الممتلكات والبنى التحتية بما تشمله من طرق وجسور ومحطات للكهرباء ومشاريع مياه ومجاري ومصانع وغيرها.

إن توقيت وقوع الكارثة لا يمكن التكهن به الآن، إلا أن سد الموصل سوف يبقى قنبلة موقوتة تنبض.[21]

مراجع الفصل السادس

1-د. محمد عبد الرحمن الجناني؛ المنشآت الهيدروليكية، دار الراتب الجامعية، بيروت 1986، ص260-261.

2-د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص293.

3- William D. thornbury; Principle geomorphology, Johnwiley Newyork,1954,p578

4-د. باقر كاشف الغطاء؛ علم المياه وتطبيقاته، جامعة بغداد 1982، ص279.

5-ادوركيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص 587.

6-المصدر السابق، ص100.

7-م. جر يشين واخرون؛ الإنشاءات الهيدرولية،ج1، ترجمة د. سلمان المنير، دار مير موسكو1979، ص121.

8-ادوركيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص221.

9-د. محمد عبد الرحمن الجناني؛ المنشأت الهيدروليكية، مصدر سابق ،ص261.

10-ادوركيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص164.

11-د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق، ص347.

12-د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص624.

13-د.خلف حسين علي الدليمي؛ وادي نهر الفرات ، مصدر سابق، ص144.

14-المعهد الدولي لشؤون البيئة والإنماء،موارد العالم88-89،الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي،ص230.

15- E.B.Branson,Tarr.Keller;Introducion to geology, America, 1952, p121

16-جانيت ن. ابراموفيتز؛ المياه في مواجهة الخطر،ترجمة شويكارزكي،الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة 1998,ص36.

17-المصدر السابق،ص50.

18-د. محمود سعيد السلاوي؛ هيدرولوجية المياه السطحية, مصدر سابق, ص107.

19-المصدر السابق,ص174.

20-المصدر السابق، ص176.

21- Al-Ansari, N.A.; Geological and Engineering investigations of the most dangerous dam in the world, Publisher SCIENPRESS, London,2015.

http://www.arsco.org/detailed

الفصل السابع- الموضع والخصائص الجيوتقنية في قضاء الرمادي

المبحث الأول–الموقع والموضع

المبحث الثاني- التركيب الجيولوجي لقضاء الرمادي :

المبحث الثالث–الوضع الطوبوغرافي لقضاء الرمادي:

المبحث الرابع–الخصائص المناخية لقضاء الرمادي

المبحث الخامس- خصائص تربة قضاء الرمادي.

المبحث السادس–الموارد المائية في قضاء الرمادي.

المبحث السابع- النبات الطبيعي

المبحث الثامن–الخصائص السكانية:

المبحث الأول–الموقع والموضع

أولا–الموقع:

1–الموقع الفلكي:

يقع قضاء الرمادي مابين دائرتي عرض (32° 38' 50") و(33° 57' 00") وخطي طول (42° 24' 10") و (43° 31' 10") شرقاً، وهذا يعني انه يقع ضمن العروض شبه المدارية التي تمتاز بكبر زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وصفاء السماء وقلّة نسبة الغيوم.

2–الموقع الجغرافي :

يقع قضاء الرمادي في العراق محافظة الانبار، خريطة (7–1) موقع قضاء الرمادي، وتبلغ مساحة قضاء الرمادي (7639)كم2، مكونا(5,5%) من مساحه المحافظة البالغة (137723 كم2)،وتمثل مدينة الرمادي عاصمة محافظة الانبار.



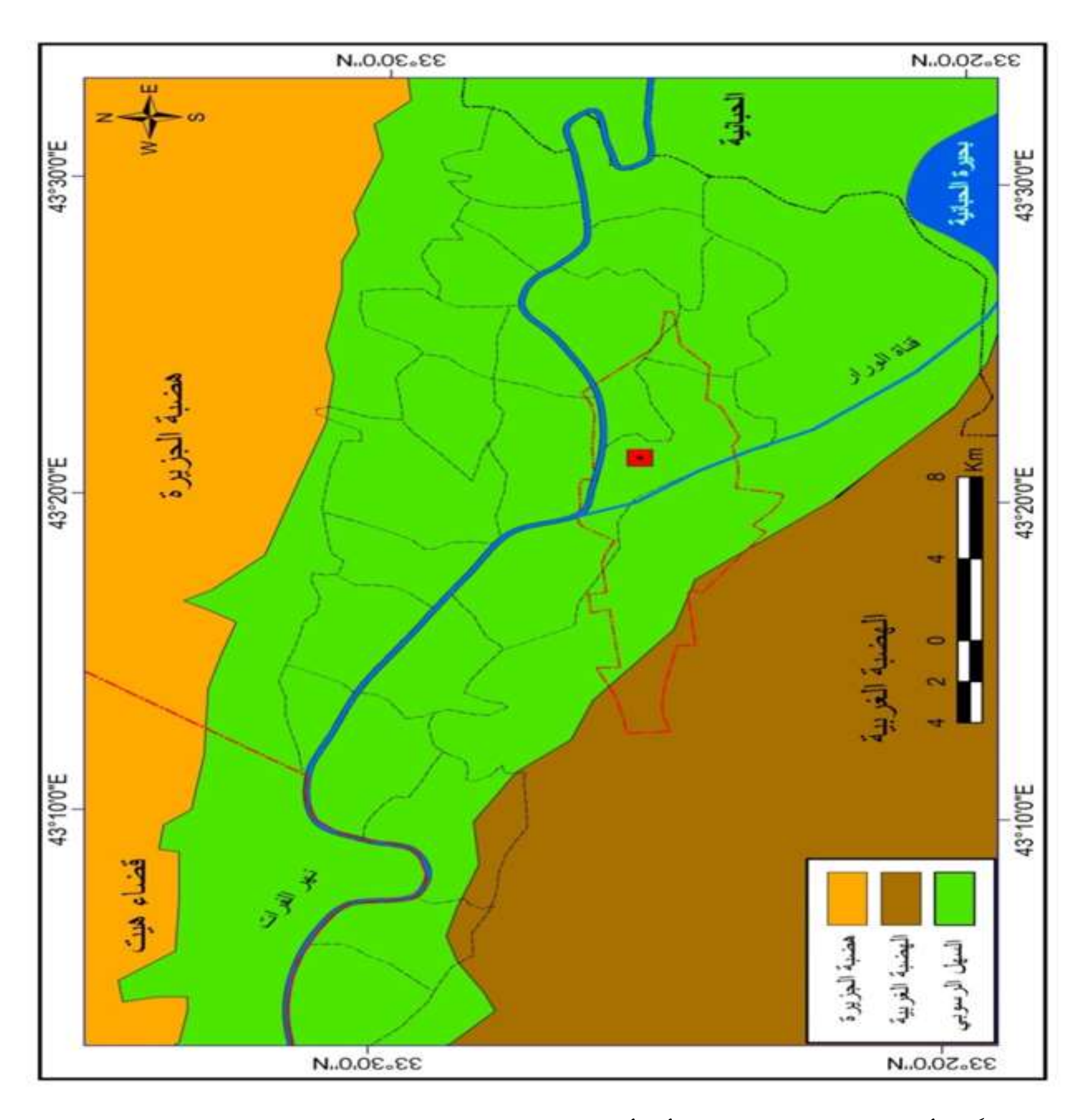
ويضم قضاء الرمادي عدة نواحي،الا ان الدراسة سوف تقتصر على مدينة الرمادي والريف المحيط بها،خريطة(7–2)قضاء الرمادي حسب المقاطعات.



ويحتل القضاء الجزء الشرقي من محافظه الأنبار ،ويشغل موقعاً على جانبي نهر الفرات، ويمر خلاله قناة الورار ، ويحدّه من جهة الشمال بحيرة الثرثار ، ومن جهة الجنوب الشرقي بحيرة الحبانية.

ويبعد عن العاصمة بغداد (110)كم من جهة الشرق،أما من جهة الغرب فإنه يبعد عن مدينة هيت (60)كم.

ويحد القضاء من الشمال والشمال الشرقي هضبة الجزيرة،ومن الغرب والجنوب الغربي هضبة الشامية،من الشرق السهل الرسوبي،ومن الجنوب الشرقي بحيرة الحبانية،ومن الشمال الغربي السهل الرسوبي،خريطة (7–3)موقع قضاء الرمادي الطبيعي.



ويعد موقعه هامشياً ذا أبعاد غير متساوية، إلا أن أهميته ومكانته تكمن في انه يمثل عقدة لشبكة النقل، اذ تتميز محافظة الانبار بامتلاكها حدود دولية مع ثلاثة أقطار عربيه هي سوريا، والأردن،والمملكة العربية السعودية، مما أعطى المحافظة بصورةٍ عامة وقضاء الرمادي بصورةٍ خاصة صفة بوابة العراق الغربية.[1]

ونتيجة ما تقدم تعدّ مدينه الرمادي مهمة لإقليمها التابع لكونها مركز المحافظة الإداري الى جانب وجود الوظائف الإدارية كافة وتواجد دوائر الحكم المحلي، واختلاف استعمالات الأرض وتنوع الوظائف الصناعية والتجارية والخدمية ،فضلاً عن كونها السوق الرئيس للإقليم التابع لها .

ويتركّز في المدينة اكبر المراكز الصحية ذات الاختصاصات العديدة ، وكذلك تركز المؤسسات التعليمية المتقدمة الذي رفع من اهمية دورها الإقليمي، وجعلها تتميز عن مدن المحافظة بأسرها،والذي شكل عاملاً لجذب السكان إليها، وهذا الجذب ولد توسّعا في جميع المشاريع الهندسية، بما فيها الوحدات العمرانية وخدمات البنى التحتية والطرق والجسور.

ثانياً– نبذة تاريخية عن موضع مدينة الرمادي:

تشير المصادر التاريخية والدلائل الأثرية الى أن اول موضع لمدينة الرمادي كان بالقرب من تل يرتفع (51م) فوق مستوى سطح البحر ،وعلى الجهة اليمنى لنهر الفرات عند المنطقة التي تسمّى الآن باسم التل في أقصى الزاوية الجنوبية الشرقية لمحلة العزيزية، وكان اختيار هذا الموضع محاولة لدفع خطر الفيضانات المتكررة فضلاً عن انحدار التل نحو الشمال والذي ساعد على تصريف مياه الأمطار نحو النهر ،ونتيجة لتراكم الرماد الذي يتركه المسافرون والقوافل فوق التل عند لجوئهم اليه لأغراض الراحة وطهي الطعام، وسميت المدينة بعد تمصيرها بالرمادي نسبه الى هذا التل الذي يغطيه الرماد.[2]

وقد تغير الوضع كثيرا بعد تحول الرمادي الى وحدة إدارية في عام 1869،اذ تم تخطيط كل من محلتي العزيزية والقطانة،والتي يمرّ في جنوبها الطريق الدولي الذي يربط بغداد بالشام، ونتيجة لذلك ازداد عدد سكان المدينة وظهرت أنشطة حضرية متنوعة، فتحسنت أوضاع المدينة الاقتصادية وازدادت عدد الوحدات السكنية تبعا لذلك، وقد صاحب ذلك تطور في نوعية المواد المستخدمة في البناء، إذ يستخدم الحجر والجص في بناء البيوت،وكان الشكل السائد للاستيطان في تلك المدة هو الشكل المنتشر استجابة لنوع ملكية الحيازات الزراعية، وكانت الوحدات السكنية تحتل موضعها في السهل الرسوبي وبمحاذاة نهر الفرات، وقد حصل تغير في شكل الاستيطان في منطقة الدراسة بعد فترة الفيضانات (1967 – 1969)، إذ أجبرت الفيضانات المتلاحقة سكان ريف الرمادي الى الانتقال من السهل الرسوبي الى حافة الهضبة،خاصة الجهة اليمنى من مجرى النهر، وبذلك اتخذت المستقرات شكلا خطيا يتماشى مع امتداد السهل وحافة الهضبة ومجرى النهر ،ومن خلال ما تقدّم هذا يعني إنّ المناطق في السهل الرسوبي أصبحت معرضة للفيضانات، وتعدّ مياه الفيضانات ذات آثار تدميرية على جميع المشاريع الهندسية المقامة او المخطط إقامتها في منطقة الدراسة المعرضة للفيضانات.

ونتيجة لتزايد عدد السكان توسّعت المدينة خارج حدود موضعها القديم متجاوزة الشواخص الأثرية والتاريخية كلها، حتى أخذت دوراً معقداً في وظائفها المختلفة،فأصبحت من السعة بحيث تشغل المساحة المحصورة بين نهر الفرات وقناة الورار، ومن ثم تقفز الى ماوراء القناة، متوجهة في نموها العمراني نحو الغرب والجنوب الغربي نحو الصحراء، مما تطلب ذلك إنشاء الجسور فوق مجاري الأنهار التي تعدّ من المحددات الطبيعية لتوسع المدينة، أما التوسع العمراني في ريف مينة الرمادي فجاء على حساب الأراضي الزراعية.[3]

المبحث الثاني–التركيب الجيولوجي لقضاء الرمادي :

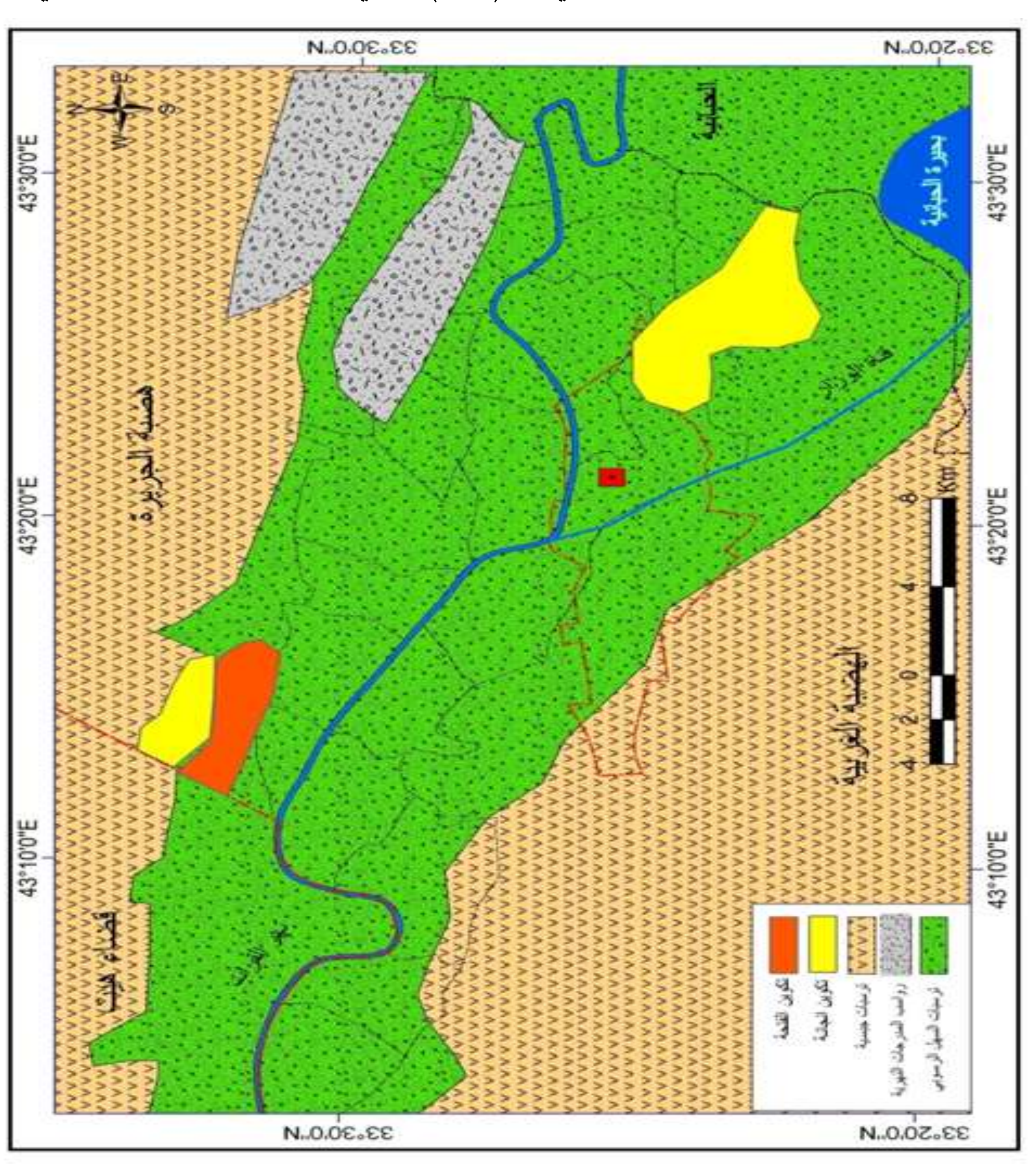
تقع المدينة ضمن النطاق المستقر من أرض العراق، وهو جزء من الصفيحة العربية التى تمتاز بوجود خامات معدنية ذات أصل رسوبي يتراوح سمكها مابين (13–17م) وتنكشف ضمن القضاء طبقات من الصخور الرسوبية تمتد ضمن

الهضاب الصخرية المحيطة بوادي النهر، وتستمر تحت غطاء الرواسب الحديثة التكوين، وقد تمتد هذه الطبقات بشكل أفقي عموماً، وتتعرض في بعض المناطق الى تحدبات وثنيات تعكس بعض الطيات السطحية التى تخترق المنطقة.[4]

ويمكن تقسيم التركيب الجيولوجي للمدينة على النحو الآتي:

أولا- تكوين الفتحة (المايوسين الأوسط):

وينتشر بشكل واسع جنوب القضاء، ويحتوي هذا التكوين على تكوينات رسوبية تعود لعصر المايوسين وتتألف من طبقات غير سميكة من الصخور والرمل مع تواجد تدرج طبقي في بعض مقاطعه، إذ تحتوي غالبيتها على مفتتات حياتية وبقايا نباتية.[5] أضافه الى ان الظروف المناخية في عصر البلايستوسين قد تركت آثارها في الهضبة الغربية والمتمثلة بالأودية والهضاب والتلال والمنخفضات، خريطة (7-4) التكوينات الجيولوجية لقضاء الرمادي.



ثانيا– تكوين إنجانة :

هي تكوينات الفارس الأوسط و الأعلى، والذي يمتد بنطاق الى الغرب من نهر الفرات جنوب قضاء هيت و يستمر الى بحيرة الحبانية، ثم الجزء الشمالي من بحيرة الرزازة ليشمل المنطقة المحصورة بين المنخفضين ووادي نهر الفرات من الشرق، ويضم القسم الأسفل من هذا التكوين مكونات جبسيه تعلوها طبقات من حجر الكلس والطين والرمل والمارل.[6].

ثالثا–ترسبات العصر الرباعي:

تعود ترسّبات هذا التكوين الى الزمن الرباعي عصر البلايستوسين، وتظهر في بطون الوديان والمخفضات وفوق التراكيب الصخرية المتأثرة بحركة الفوالق في المنطقة، وعند فتحات المناطق المرتفعة وسفوحها، اذ تتكون من خليط من الحصى والرمل والطين ومفتتات الصخور الكلسية والجبسية [7]. وتقسم رواسب هذا العصر الى قسمين هما:

1–الترسبات القديمة

وهي ترسبات تعود الى عصر البلايستوسين وتتمثل في ترسبات المدرجات النهرية التي يتراوح مستواها مابين (65–80م)فوق مستوى سطح البحر في هضبة الجزيرة بين الفرات والثرثار ،وتتكون طبقات تلك المدرجات من الحصى والرمل، وتمتد تلك الترسبات على حافّة هضبة الجزيرة بشكل متقطع، إذ يقطع امتدادها تكوينات كلسيه، كما تمتد تلك الترسبات على الحافة الشرقية للهضبة الغربية.[8]

تعود تلك ترسبات الى العصر الهيلوسين الحديث، ويتباين سمكها من مكان الى آخر، إذ يتراوح ما بين (20–30م) عند مجرى النهر ،إلّا أنّه يقلّ بالاتجاه نحو حافتي الهضبة الغربية وهضبة الجزيرة حتى يصل الى أقلّ من(50سم).[9]

وأغلب هذه الترسّبات حملها نهر الفرات،وهي من الرمل والغرين والطين أثناء فترات الفيضان التى تغمر المناطق المحيطة بالمجرى، فترسّبت هذه المواد وكوّنت ما يسمّى بالسهل الرسوبي،وتغطي تلك الرواسب القاعدة الصخرية التى شقّ النهر مجراه فيها .

وظهر في هذه الفترة ترسبات مسحوق الجوزه ،وتطلق هذه التسمية على ترسّبات الجبس الناعم المخلوط مع التربة الغرينية،وتغطي تلك التربة نطاقاً محدودا من منطقة الدراسة بين منخفض الثرثار والحبانية.[10]

ويقع ضمن القضاء بعض الفوالق التي تقع شمال وجنوب مجرى النهر ،ومنها فالق هيت ابو الجير ،ويمتاز بظهور بعض الكسور في الطبقات التي تنتشر في محيطه،كما توجد تكوينات تحت السطحية ذات نشاط تكتوني مثل تركيب النفاطة،الذي يمتد من جنوب هيت الى جنوب غرب بحيرة الحبانية، كما توجد طية محدّبة ذات اتجاه شمالي غربي وجنوب شرقي تقع في منخفض الثرثار .[11]

ان الحقائق التي لا يمكن تجاهلها هي أن دراسة التركيب الجيولوجي يعدّ أمرا مهماً في بيان الجوانب التي تتعلق بتركيب التربة وقوامها ,ومعرفة تكوين الصخور والمعادن وموارد المياه السطحية والجوفية التي تعطي صورة لمدى امتلاك المنطقة من الموارد أوعدمه،وأثره في الجوانب العمرانية والإنشائية والفنية،وتخطيط خدمات البنى التحتية، وتحديد نوع الأسس وعدد الطوابق التي يمكن إقامتها في أي مكان،وأن ما ينتج عنها من مشاكل كثيرة عند أقامة الأبنية الثقيلة فوق المناطق الضعيفة الصلابة، مما يؤدي الى هبوطها بسرعة، وتعرّض البناء الى التصدّع والتشقّق أو الانهيار ،كما أن للعامل الجيولوجي متمثلا بالبنية والتكوين الصخري دورا بارزا في التأثير على مدّ الطرق، فالمناطق ذات الصخور الصلبة التكوين أفضل من المناطق ذات الصخور الليّنة رغم صعوبة تمهيدها وشقّ الطرق فيها،ولذلك دور في اطالة العمر الافتراضي للطريق مقارنة باللينة.

المبحث الثالث–الوضع الطوبوغرافي لقضاء الرمادي:

أولا: مظاهر السطح:

يعدّ الوضع الطوبوغرافي من العوامل المهيمنة على أي نشاط بشري، والذي لابّد أن يكون متوافقا مع الوضع السائد، وعليه كلما ازدادت المنطقة وعورة كلّما واجهت عملية تخطيط المشاريع الهندسية مشاكل كثيرة، وقد تكون ذات تكاليف باهظة،وحتى وإن توافرت تلك الخدمات قد تكون ذات كفاءة متدنية،لذا يكون لنوع التضرس وطبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية الأثر الكبير في توفير تلك الانشطة والخدمات .

لا يمكن إطلاق صفة الاستواء التام على موضع الرمادي، ذلك بسبب تباين ارتفاعاته عن مستوى سطح البحر من منطقة الى أخرى، إذ يتراوح الارتفاع ما بين (45م–130م)،ويرجع ذلك الى طبيعة امتداد عمران القضاء مابين السهل الرسوبي والهضبة الغربية، أما تكوينات السطح في القضاء فهي تتوزّع ما بين تكوينات السهل الرسوبي والتكوينات الهضبية في منطقتي هضبة الجزيرة والهضبة الغربية،ومن أهم مظاهر السطح هو وجود المنخفضات مثل منخفض الحبانية ومنخفض الرزازة، وكذلك نهر الفرات الذي يخترقه من الشمال الغربي الى جنوبه الشرقي، إذ ترتّب على ذلك تكون سهل رسوبي على امتداد مجرى النهر داخل القضاء ،فضلا عن وجود التواءات ومنعطفات في مجرى النهر ممّا زاد من عمليات التعرية والإرساب، وانعكست آثار ذلك على النشاط البشري كالاستيطان والمنشآت والطرق والزراعة ومشاريع الري وغيرها من المشاريع التي تقع بالقرب من الضفاف.

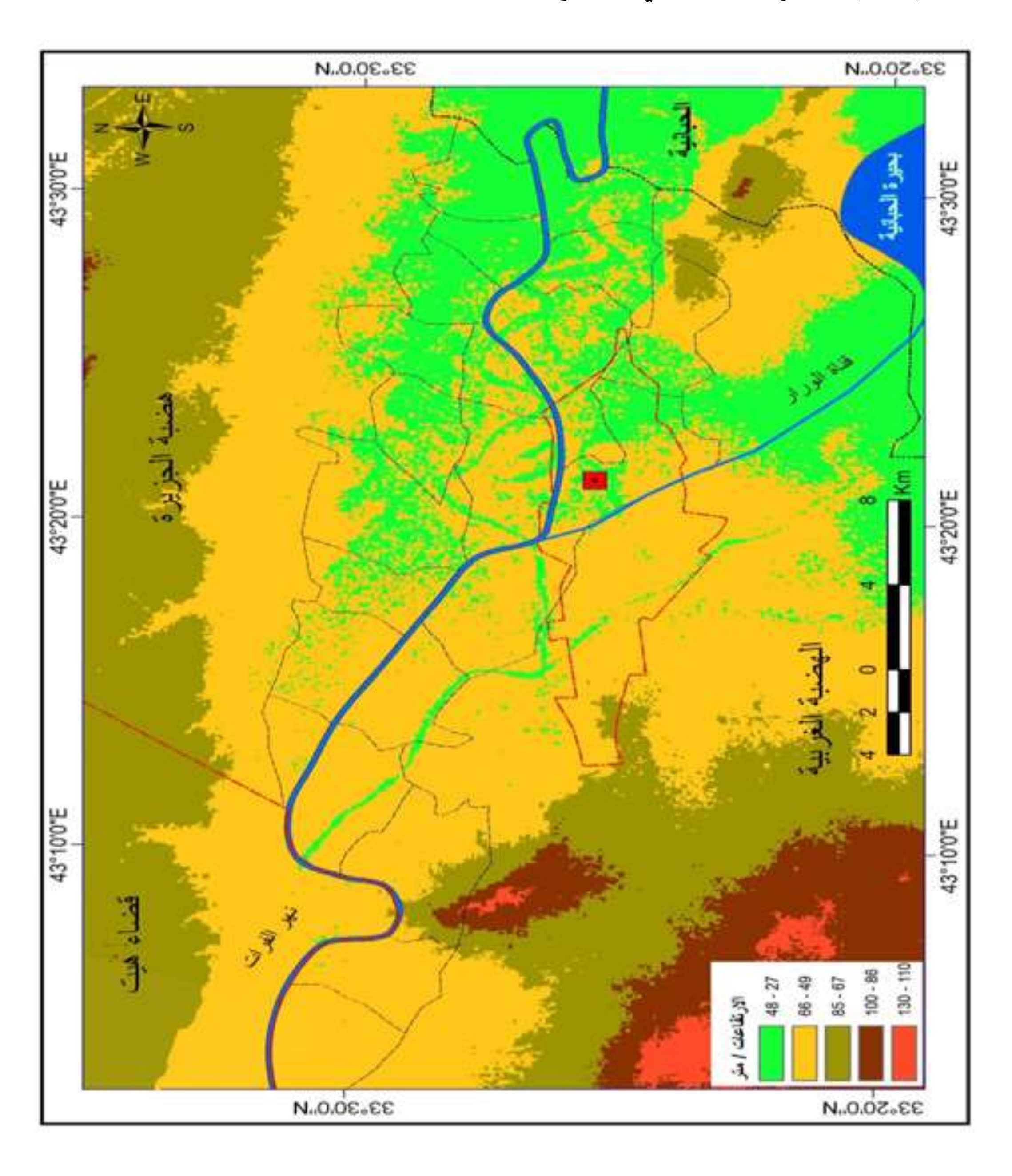
وتعدّ السهول أكثر أهمية من مظاهر السطح الأخرى لجذبها للسكان واستقطابهم،لكونها البيئة الملائمة لنشاطات الإنسان وتوفير حاجته الأساسية من الغذاء والماء وسهولة التنقل وتوفير الخدمات بكلّ أنواعها المجتمعية والبنية التحتية والمنشآت العمرانية والطرق والجسور.

يزداد اتساع السهل الرسوبي بالاتجاه نحو الجنوب الشرقي حتى يعبر حدود القضاء ،وتمتاز المناطق القريبة من ضفاف النهر بالارتفاع عن مستوى المياه في المجرى في الاوقات الاعتيادية التي لايحدث فيها فيضان، لذا تعد من أهم مراكز

الاستيطان في القضاء،إذ انتشر الاستيطان الريفي على شكل شريط يمتدّ على جانبي نهر الفرات، إنَّ هذا الامتداد يتطلب أقامة الجسور التي تربط بين الجهتين، وهذا يتطلب تكوينات صلبه وقابلية تحملها عالية، وعدم أقامة الجسور عند المنعطفات لاتساع المجرى وتركز عمليات التعرية والإرساب.

ومن المظاهر الأخرى وجود البحيرات الهلالية التي تسمى محليا (الصراة)،مثل بحيرة البوشعبان على الضفة اليسرى قرب حافة هضبة الجزيرة غرب البوعلي الجاسم، وبحيرة البوذياب في الجهة اليسرى لنهر الفرات فرب جسر الطريق السريع، وبحيرة الصوفية في الجهة اليمنى من النهر، وهذه البحيرات عبارة عن أراضي منخفضة تتجمع فيها المياه وتكون ذات محتوى رطوبي عالي، وذات تكوينات هشّة قابلة للانضغاط تقلل من قدرتها على التحمل،مما لها آثار سيئة على المنشآت المقامة في تلك الأماكن وعلى مدّ الطرق.

وتوضّح الخريطة (7–5) الوضع الطوبوغرافي لموضع قضاء الرمادي.



وتنتشر في الهضبة بعض الأودية الجافّة التي تنحدر من الهضبة باتجاه السهل الرسوبي، ومن أهم هذه الأودية وادي مدلوس, ووادي سهيل، ثم تنتهي تلك الوديان بأرض منبسطة تمتد بين حافة الهضبة والسهل الرسوبي، كما توجد في المنطقة مجموعة من المنخفضات الصغيرة والتي تعرف محليا باسم الفيضات التي تنتشر في الصحراء، وتستقبل مياه الأودية في موسم الأمطار، و تتميز بوجود تربة مزيجيه غرينية غنية بالمواد الكلسية، وتنمو فيها الشجيرات والأعشاب مكونة مراعٍ جيدة ،كما استغل سكان البوادي هذه الفيضات في زراعتها بالمحاصيل الشتوية والصيفية معتمدين في ذلك على مياه الأمطار والجوفية، كما هو الحال في أبو الجير والعواصل والقرية العصرية، والرحالية .

وتضم منطقة الدراسة بعض المرتفعات والتلال الصغيرة، مثل تلال المشيهد، وتلال الطاش، وتلال زنكوره، التي تكون عبارة عن تلال متباينة الارتفاع،اعلاها تل يمثل مدرج زنكورة الارسابي، إضافة الى وجود التلال في القطنية، وأبو طيبان،وعلى جانبي طريق الرمادي – هيت،ويتباين ارتفاع مظاهر الهضاب والتلال الصغيرة عن مستوى سطح البحر منها (60م) عند مقاطعة البوعساف، و(44م) عند مقاطعة الحامضية،وتلال المشيهد في شرق مدينة الرمادي ,ويبلغ ارتفاعها (62م) عن مستوى سطح البحر، وهضبة الشيخ مسعود التي تكون على يمين طريق الرمادي – بغداد ويبلغ ارتفاعها (56م) عن مستوى السطح البحر.

وتؤثر مظاهر السطح على تخطيط المشاريع الهندسية من حيث الاستواء أو وعورة السطح، وفي أماكن تجمع المياه الجوفية، إذ إن السطح المنبسط يتيح فرصة كافية لتسرّب أكبر كمية ممكنة من المياه الجارية الى باطن الأرض على عكس السطح المنحدر لايعطي الفرصة الكافية لتسرّب المياه بكميات كبيرة.[12]

كما يؤدي انحدار الأرض الى قلة تملّح التربة من خلال تصريف المياه وعدم السماح لتجمعها أو تسرّبها الى باطن الأرض، في حين تعاني الأراضي المنبسطة من صعوبة تصريف المياه الزائدة، لذا ترتفع فيها مناسيب المياه الجوفية، ولاسيما في الأراضي التي تقع بعد كتف النهر، والتى ساهمت بزيادة ملوحة التربة، وخاصة في فترة ارتفاع درجات الحرارة وزيادة عملية التبخر، وان التربة المالحة لها أثار سيئة على الأسس والأبنية وأنابيب المياه .

أما المناطق المتباينة في الارتفاع التي تنصرف المياه نحو الأراضي المنخفضة كما هو الحال في الأراضي الواقعة على جانبي طريق (زنكوره –5كيلو) التي تكون أراضي منخفضة مقارنة مع الأراضي المجاورة في جهة الغرب والجنوب الغربي منها التي تمتاز بالارتفاع، مما أدى الى تصريف مياه الأمطار ومياه الاستعمالات السكنية نحوها، وتكون تربة هذه الأراضي تربة طينية التي يكون تسرّب المياه فيها واطئ جداً بسبب النفاذية الواطئة، ولا يتوفر للماء سبيل للتصريف، لذا تجمعت المياه فيها على شكل مستنقعات،وهذه المياه المتجمعة تعمل على زيادة المحتوى الرطوبي في التربة الطينية التي تحتوي معدن المونتموريلونايت الذي يستجيب لخصائص الانتفاخ والانكماش مما يؤدي الى أضرار على الأسس الأبنية التي تقام فوق تلك المناطق .

ثانيا–أهم الانحدارات الظاهرة في منطقه الدراسة.

1–انحدار وادي الفرات بصوره عامة من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي، فقد يصل ارتفاعه (60م) فوق مستوى سطح البحر عند مقاطعة البوعساف، ويقل الارتفاع بالتدريج حتى يصل (45م) فوق مستوى سطح البحر عند نهاية منطقة الدراسة في كلّ من مقاطعة زوية السطيح والبوعبيد، مقدار الفرق في الارتفاع بين بداية ونهاية المنطقة (15م).

60 على المسافة الأفقية[13] وجاءت نتائج X(للحصول على درجة الانحدار من خلال تطبيق المعادلة الآتية الارتفاع التطبيق إنّ درجة الانحدار نحو (0,025) درجة.

2– انحدار هضبتي الجزيرة والغربية نحو وادي نهر الفرات بصورة عامة، إذ تنحدر هضبة الجزيرة من الشمال نحو الجنوب, ويمكن استخراج درجة الانحدار من معرفة الفرق في الارتفاع بين أعلى نقطة عند حدود القضاء ومجرى النهر(25م)، وطول المسافة (1200م) وتطبيق المعادلة السابقة وجاءت درجة الانحدار(1,25) درجة،ومعدل الانحدار 48/1، أما الهضبة الغربية فتنحدر من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي ويمكن استخراج درجة الانحدار من معرفة الفرق في الارتفاع بين أعلى نقطة عند حدود القضاء ومجرى النهر(80 م)،وطول المسافة(50300م)وجاءت درجة الانحدار(0,095)درجة،ومعدل الانحدار 628/1.

3–الانحدار في منطقة السهل الرسوبي ما بين (0،27) درجه في قسم الشمال الغربي الى (0،39) درجه في قسم الجنوب الشرقي، وقد تصل الى أكثر من ذلك عند البحيرات الهلالية، بمعنى أنه لا توجد اختلافات كبيرة في سطح السهل الرسوبي.

نستنتج مما تقدّم بأن مظاهر السطح في منطقه الدراسة له دور كبير في تخطيط المشاريع الهندسية ،إذ تقام الوحدات العمرانية فوق المناطق الملائمة قافزة المناطق الوعرة غير الملائمة من الوديان والتلال المرتفعة والبحيرات الهلالية، مما يفقد المدينة خصوصية تجانسها الحضري، وينعكس ذلك على توفير خدمات النقل والصحة والتعليم والماء والكهرباء والهاتف والمجاري، الشكل(7–6) صور تبين تأثير المناطق المرتفعة في تخطيط المشاريع الهندسية في زنكورة.



ويمكن اختصار آثار الوضع الطوبوغرافي على تخطيط المشاريع الهندسية كما يلي:

1- تؤثر العوامل الطبوغرافية في تخطيط طرق النقل من خلال الدوران حول المرتفعات والتلال بدلاً من اختراقها بخط مستقيم، أو وجود مجاري المياه الطبيعية أوالصناعية التي تتحكم في الخروج عن الاستقامة والاتجاه والأقصر، فيترتب على ذلك تكاليف باهظة بسبب ضخامة الحفر والردم ، شكل (7-7) صور تبين تأثير المرتفعات والتلال في استقامة ومدى الرؤية لطريق رمادي – هيت.



2- تؤثر المرتفعات والتلال على مدى الرؤية، إذ يجب أن لا يقل عن (150م) في الطرق المهمة ، أو إذا كان منحني الطريق يمرّ في حفر أو بجوار مبانٍ فيجب إبعاد الجانب الداخلي للحفر أو المباني أو التلال في المنحنيات وذلك لتوفير مدى الرؤية الحقيقي .

3- تقلل الانحدارات الشديدة من منفعة الطريق للنقل الاقتصادي، وعليه يجب أن لا يتجاوز الانحدار الطولي الحد المقرر لدرجه الطريق وهو (3%) للطرق الرئيسة،و(5%) لطرق الدرجة الثانية، و (7%) لطرق الدرجة الثالثة.[14]

4- إن عملية تخطيط شبكة توزيع الكهرباء قد تواجه مشاكل كبيرة، ولاسيما في مدّ الكابلات والأعمدة في المناطق المتضرّسة التي تضم مرتفعات وأودية،اوعلى المنحدرات التي تكون مكوناتها غير مستقرة فتتحرك تلك المكونات نحو المناطق المنخفضة ضمن السفوح مما يؤدي الى تصدع وتشقق قاعدة الأعمدة وبالتالي التعرّض للسقوط كما في الشكل (7-8)صور تبين تأثير الأراضي المنحدرة في انهيار الأعمدة الكهربائية في منطقة الدراسة.



المبحث الرابع–الخصائص المناخية لقضاء الرمادي

يعد المناخ أحد العوامل الطبيعية التي تؤثر في الوضع الطبيعي لسطح الارض، لما له من تأثير مباشر وغير مباشر على جميع خصائص وأشكال البيئة على الأرض.

ان مناخ قضاء الرمادي لا يختلف عن مناخ وسط العراق حسب تصنيف كوبن فيأخذ رمز(BWh) وهو مناخ حار جاف صيفا وبارد شتاء، ولغرض بيان دور المناخ في المنطقة لابد من استعراض عناصر المناخ الأساسية في وكما يأتي:

أولا:الإشعاع الشمسي:

يقصد بالإشعاع الشمسي،الطاقة الصادرة من الشمس نحو الارض،والتي تسهم في رفع درجة حرارة الارض حسب زاوية سقوطها،والتي تختلف من فصل لاخر ومن مكان لاخر حسب دوائر العرض، ويساهم الإشعاع الشمسي بنسبة

(99,97%) من الطاقة المستلمة على سطح الأرض عبر الغلاف الجوي، في حين تبلغ مصادر الطاقة الأخرى نحو (0,03%) فقط.[15]

ويتّضح من الجدول(7−1) المعدل الشهري والسنوي لكمية الإشعاع الشمسي (سعره /سم2/يوم) في محطة الرمادي للمدة (1982−2012).[16]

الأشهر	**كانون الثاني**	**شباط**	**آذار**	**نيسان**	**مايس**	**حزيران**	**تموز**	**آب**	**أيلول**	**تشرين الأول**	**تشرين الثاني**	**كانون الأول**	**المعدل السنوي**
المعدل	**29,8**	**20,5**	**17,8**	**99,5**	**68,4**	**39,6**	**29,5**	**08,6**	**06,4**	**64,8**	**74,1**	**26,3**	440,4

إنّ المعدل السنوي للإشعاع الشمسي بلغ (440،4) سعره/سم2/يوم،إذ إنّ هناك سبعة أشهر ابتداء من آذار الى أيلول يتراوح فيها معدل الإشعاع الشمسي بين(417،7) و (506،4) سعره /سم2/يوم ،أما الأشهر الخمسة الأخرى فتبدأ من تشرين الأول وتنتهي بشهر شباط فيتدرج الإشعاع الشمسي فيها من (364،8) و (320،5) سعره /سم2/يوم، ويعود ذلك الى زاوية سقوط أشعة الشمس وصفاء السماء وطول مده سقوط أشعه الشمس مقارنه مع أقل الشهور كميه سجلها شهر كانون الأول وبلغ (226،3) سعره /سم2/يوم، لقصر طول النهار فضلاً عن وجود الغيوم التي تعرقل وصول أشعة الشمس الى سطح الأرض.

ثانيا− درجه الحرارة:

تعدّ الحرارة أهم عناصر المناخ ، وذلك لكونها تتحكم في معظم العناصر المناخية الأخرى ،فاختلاف درجات الحرارة من مكان الى آخر أو من فصل الى آخر يتحكم بدوره في توزيع الرياح ونظام هبوبها، كما أنها السبب الرئيس وراء تبخر المسطحات المائية مما يسبب تكاثف بخار الماء ،وحدوث التساقط على مختلف أشكاله، ويعدّ توزيعها الغير منتظم سببا لحدوث جميع حالات الطقس وتغيراتها اليومية، ولها الدور الكبير في توزيع الكائنات الحية مكانيا على سطح الأرض، فضلاً عن دورها الواضح في جميع خطط التنمية الاقتصادية والعمرانية.

جدول (7−2)المعدل الشهري والسنوي لدرجات الحرارة(مْ) في محطة الرمادي للمدة (1982 −2012)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
المعدل	9,4	1,7	5,5	2,2	7,2	31,8	3,6	3,1	29و	4,5	16,3	1,3	22,4

يمكن تحليل الخصائص الحرارية لمنطقة الدراسة صيف حار جاف، وشتاء بارد، بلغ درجه حرارتهما ممثلتين بشهري تموز وكانون الثاني (33،6-9،4)مْ على التوالي، إن ارتفاع درجة الحرارة في الصيف ناجم عن انعدام الغيوم وطول النهار، وتأثير الكتل الهوائية المدارية القارية (CT) فضلاً عن تأثير العوامل الأخرى كالموقع الفلكي، وعامل الارتفاع والموقع القاري.

أما انخفاضها في الشتاء ناجم عن القصر النسبي لمّدة السطوح الشمسي، وتأثير الكتل الهوائية القطبية القارية (Cp) الباردة الجافة، والموقع القاري .

وفيما يخصّ المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى الشهرية في فصل الشتاء خاصّة شهر كانون الثاني إذ سجل أدنى معدل بلغ(14،6)مْ باعتباره أبرد الشهور.

تأخذ المعدلات الحرارية العظمى بالارتفاع التدريجي حتى تصل (41،8)مْ ، في شهر تموز وسجل المعدل السنوي لدرجات الحرارة العظمى (29،4)مْ .

إما فيما يخصّ درجات الحرارة الصغرى فيصل أعلى معدل لها في شهر تموز (25،4)مْ وأقل المعدلات الحرارية سجلت في فصل الشتاء ، وخصوصا في كانون الثاني (4,2) مْ , أما المعدل العام بلغ (14,9) مْ.

إن ارتفاع درجات الحرارة وقلة سقوط الأمطار والرطوبة النسبية ادي الى زيادة عملية التبخر المياه السطحية والمياه الجوفية القريبة من سطح الأرض، وزيادة فعالية الخاصية الشعرية التي تعمل على ترسيب الأملاح في التربة، إن تأثير المحاليل الملحية على معدلات تآكل الحديد والخرسانة الأسمنتية المتصلدة للأسس الأبنية، مما يؤدي الى حدوث تشقق وتصدع للخرسانة المسلحة .

إن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي الى زيادة التبخر وقله محتوى الارض الرطوبي يعمل على جفاف الطبقة السطحية وتفككها، وتقلل من نسبة المادة العضوية وسرعة تحللها، وتكون الأماكن المعرضة للعمليات التعرية الريحية والمائية التي تعد من المشاكل التي تواجه العمليات الهندسية في مرحلتي التصميم والإنشاء .

كما توجد علاقة بين درجة الحرارة وذوبان الجبس،اذ يزداد الى حد معين، ويصل معدل إذابة الجبس الى الحد الأعلى عند درجة الحرارة (c40ْ) ثم يقل بزيادة درجة الحرارة. الجدول (7-4)يبين تأثير درجة الحرارة على إذابة الجبس. [17]

درجة الحرارة (ْC)	0	10	25	30	40	55	75	100
ذوبان الجبس (gm/L)	1,756	1,926	2,085	2,095	2,108	2,083	1,88	1,69

Nafi ,f.A.(1989),"The properties of Highly Gypsiferous soils and their significance for Land Management" ph .D. Thesis ,university of London.P.67.

إنّ ارتفاع معدلات درجة الحرارة في فصل الصيف له أثر سلبي على عمليات مد وإنشاء وصيانة طرق السيارات،إذ يكون الطريق عرضة لحالة التميع الجزئي نتيجة لقلة تماسك الطبقة العليا (الإسفلت)من الطريق بسبب ارتفاع درجات الحرارة مع كثرة الحركة لوسائط النقل على الطريق، فتسبب تمزيق الطرق وتكون الشقوق والأخاديد فيها. اما تقلصها في فصل الشتاء فيقلل من كفاءة الطريق ويزيد من الحاجة الى عمليات الصيانة والترميم المستمرة.

ثالثا–الأمطار

تعد الأمطار من العناصر المناخية المهمة التي لها دور كبير في عملية تفتيت الصخور ونقلها وترسيبها والتي تؤدي الى تشكيل عدد من الظواهر الأرضية، كما أنها المصدر الأساسي للجريان السطحي، وكذلك لإمداد المكامن الجوفية بالمياه التي تزيد من محتوى الرطوبي للتربة،التي لها دور كبير أيضا في عملية التجوية الكيميائية بفعل عملية الإذابة وتكوين الفجوات والحفر الوعائية والكهوف والمغارات، وتكوين ظواهر سطحية ناتجة عن التعرية المطرية فتكون أخاديد مختلفة الاطوال والعمق والسعة.

فضلا عن التعرية بفعل قطرات المطر التي تصطدم بالسطح اذ تساعد على تفتيت الترب وإزاحة بعضها عن موضعها. اما في السطوح الطينية الهشّة فلقطرات المطر دور في انجراف (90%) من مكونات الترب التي حجومها تتراوح مابين (0،1–0،5) ملم، وذلك لصغر حجمها ونعومتها وخفّتها التي سهلت من نقلها.

إن تفكك حبيبات التربة عن بعضها نتيجة لزيادة كمية المياه المحيطة بالحبيبات وهذا ما يشاهد بالطرق الترابية في ريف قضاء الرمادي, من تحول السطح الى أوحال وتعذر المرور عليها بعد المطر , يمكن علاج هذه الحالة أي مقاومة اختراق المياه للتربة يجعلها مدكوكة وأكثر كثافة.

إما في فصل الصيف فإنّ المياه الموجودة في التربة تتبخر وبذلك يقل سمك التغليف المائي حول الحبيبات، وبالتالي تقلّ قوة التماسك ممّا يسهل تفككها أيضا،لذا يظهر في فصل الصيف في الطرق الترابية كثرة الغبار نتيجة للجفاف ولحركة المرور، وعلاج ذلك هو الاحتفاظ بقوة الاحتكاك الداخلي والتماسك بين الحبيبات صناعيا وذلك بإضافة بعض المواد والزيوت المختلفة.

ويعبر عن كمية المطر الساقط بعمق الماء المتساقط على وحدة المساحة و بالمليمتر أو البوصة[18].

الجدول (5–7) يبين سقوط الأمطار وتذبذب كمياتها في منطقة الدراسة،ملم.

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
المعدل	19,7	20,2	15,7	12,4	4,6	–	–	–	0,4	9	16,5	17,7	116,2

إذ يبدأ تساقط المطر من تشرين الأول حتى شهر آذار ،وقد بلغ أعلاها في شهر شباط (20,2) ملم وأدناها في شهر أيلول (0,4) ملم،وينعدم سقوطها في أشهر الصيف (حزيران , تموز , آب).

وعليه فإنّ الأمطار الساقطة رغم قلة كمياتها وتذبذبها فإنها تعدّ عاملا مؤثرا قي عمليات بناء ومد وتشغيل طرق النقل، إذا سقطت بغزارة خلال وقت قصير ،ان التباين في ارتفاعات السطح يشكل سيولا جارفة تسبب في تدمير الطرق ، كما في الشكل(7–4) صور تبين تأثير الأمطار في إذابة وانجراف التربة وتدمير الطرق في منطقة الدراسة.



وتظهر مشاكل خلال مرحلة التعرية مثل حفر الأسس خاصة التى تقام فوق الترب الجبسية،وتعرية أسس الجسور والمنشآت الهندسية المقامة على مجاري الأنهار.

لمعرفة قدرة التعرية للتساقط المطري في المنطقة باستخدام معادله فورنية (Fournier).[19] وبالاعتماد على الجدول (7–5) لمحطة الرمادي يمكن التعرف على شدة التعرية.

معادلة فورنية$R = F\left(\sum_{1}^{12}\frac{Pl2}{F}\right)$

= القدرة الحتية للتساقط المطري في المنطقة Rحيث ان :–

= كمية التساقط المطري الشهري (ملم)Pl

= كمية التساقط السنوي (ملم).F

الجدول(7-6)يبين درجات التعرية المطرية

معامل شدة الجرف	شدة الجرف للأمطار
أقل من 50	ضعيفة
50 – 500	معتدلة معتدّلة
500- 1000	عالية
أكثر من 1000	عالية جدا

وأظهرت النتائج قدرة التعرية (188)، أي أن المنطقة ضمن معامل شدة الجرف (المعتدلة)، وان تعرضها لهذه الشدّة نتيجة لأمطارها ذات الكميات القليلة ، كما أنّ خدمات البني التحتية تواجه مشاكل عند سقوط الأمطار بكميات غزيرة، فقد تعمل على توقف عمل تلك الشبكات، وخاصة الواقعة في المناطق المنخفضة،كما يؤدي التساقط الى تجمع كميات كبيرة من مياه الأمطار والصرف الصحي على شكل مستنقعات تغمر بعض الشوارع والأراضي المتروكة.

وان تجمع المياه لها تأثير على الترب الطينية مما يؤدي الى زيادة في محتوى الرطوبة وبالتالي يحصل الانتفاخ وهي خاصية التى تتميز بها الترب الطينية الغنية بمعدن المنتموريلونايت، وتتميز هذه الترب أيضا بكونها ذات نفاذية واطئة جداً عندما تكون رطبة فضلاً عن لدونتها وفعاليتها العاليتين،مما تسبب بمشاكل للمشاريع العمرانية المقامة فوقها.

رابعا–الرطوبة النسبية

تعد الرطوبة النسبية عنصر من العناصر المناخية التي لها دور مهمٌ في عمليتي التبخر والنتح، إذا كان ارتفاع الرطوبة في الجو الخارجي يكون أكثر تشبعاً ببخار الماء من الهواء الداخلي، وتنتشر الرطوبة من الهواء الخارجي نحو التربة، وهذا يقلل من عملية التبخر والنتح ، فإن ارتفاع درجة الحرارة وقلة سقوط الأمطار وانخفاض الرطوبة النسبية في المناطق التي تمتاز بارتفاع المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض الذي يؤدي الي زيادة ترطيب التربة، مع تواجد تربة ناعمة فإن ذلك سيؤدي الى زيادة التبخر وتجمع الأملاح في التربة التي تؤثر سلبا على جودة ومتانة الخرسانة والتآكل للأنابيب والأعمدة الكهربائية وغيرها في تخطيط خدمات البنى التحتية،كما تؤثر الرطوبة النسبية على راحة للإنسان عن طريق تأثيرها على كمية الماء المتبخر من الجسم، وبالتالي تبريد الجسم أو من عدمه، إذ تتراوح حدود الرطوبة المريحة للإنسان بصورة عامة بين (20%–80%)، فإذا قلت يبدأ شعور الإنسان بالعطش والجفاف الشديد، إما أذا ازدادت عن (80 %) فتصعب عملية التبخر نتيجة تشبع الهواء ببخار الماء، إذ تؤثر الرطوبة النسبية في

الراحة الحرارية من خلال تأثيرها في الفقدان الحراري للجسم وصولا للاتزان الحراري ، وعادة ما تحدد الرطوبة النسبية المريحة بين (30– 60%) أما الرطوبة المثالية (45%).[20]

وتبين من خلال الجدول (7–7) إن انخفاض الرطوبة النسبية أعطت صفة الجفاف الدائم باستثناء شهري كانون الأول وكانون الثاني في منطقة الدراسة، إذ ازدادت فيها الرطوبة النسبية عن (70%) لذا يعدان شهرين رطبين .

جدول (7–7)المعدل الشهري والسنوي للرطوبة (%) في محطة الرمادي للمدة(1982 –2012)

الأشهر	كانون الث	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	شرين الا	شرين الث	كانون الا	المعدل الس
لمعدل	71,9	62,6	54,1	48	39,4	32,8	30,9	33,6	38,3	49,6	62,6	72,6	49,7

إما الأشهر شباط وآذار وتشرين الأول والثاني فإنها تتصف برطوبة متوسطة ،وتراوحت بين (50 – 70 %)، في حين اتصفت الأشهر الست من نيسان وحتى أيلول بالجفاف لأن المعدلات الشهرية لرطوبتها أقل من (50%).

وللرطوبة النسبية دور في عمليه التعرية إذ كلما ارتفعت نسبة الرطوبة في الهواء أدى ذلك الى قلة جفاف الترب وزيادة تماسكها ومقاومتها لعوامل التعرية، والعكس عندما تنخفض قد تؤدي الى جفاف الترب وعدم تماسكها ومن ثم جرفها بواسطة المياه والرياح مما له تأثير على عملية تخطيط المشاريع الهندسية.

خامسا– الرياح

ان لرياح دورا مهما في التأثير في خصائص التربة، إذ تؤدي الى تعرية وتذرية الطبقات العليا الهشّة من التربة بانواعها على شكل حبيبات صغيرة جداً تؤدي الى حدوث عواصف ترابية،ويظهر ذلك في المناطق الصحراوية والجزر النهرية الرملية الخالية من النبات.

مما تعكس آثاراً سلبية على السكان ومستخدمي الطريق.

ولايقتصر تاثير الرياح على تعرية التربة وتكون الغبار بل تعمل الرياح السريعة على دحرجة وقفز ونقل الحصى والحجر فوق سطح الارض،والذي يصطدم بقوة باعمدة الكهرباء والجزء السفلي من الابنية فتعمل على تاكلها.

كما يؤدي تحرك الأتربة والرمال على نطاق واسع بفعل الرياح الى تجمعها على الطريق ، ولاسيما الطرق التي تتقاطع مع اتجاه الرياح ، مما يؤدي الى ردم بعض أجزاء الطريق ،وعليه لابد أن يؤخذ عامل الرياح السائدة من حيث سرعتها واتجاهها في الاعتبار عند تصميم وتخطيط مسار الطريق وتحديد اتجاه الابنية، وهذا لا يحصل إلا نادرا ، إذ إن الغرض من إنشاء الطريق يكون دائما مقرونا بتحديد اتجاهه.

لذا فإن أفضل مسار للطرق الرئيسة عند تخطيط وتصميم مدينة يجب ان يكون ملائما للخصائص المناخية لمحطة تلك المدينة، فعلى سبيل المثال الخصائص المناخية لمحطة الرمادي، يكون تصميم الشوارع الرئيسة في اتجاه الشمال

الغربي، ذلك لأنَّ الرياح السائدة في المدينة هي الرياح الشمالية الغربية، اذ تكون حركه الرياح سريعة نتيجة ضعف عامل احتكاك الرياح بالأبنية، الذي يعدّ عاملاً مساعداً للتهوية والتخلص من الملوثات فوق المدينة من جهة ، وابتعاد عن زاوية شروق وغروب الأشعة الشمسية التي تؤثر على مدى الرؤية لسائقي المركبات من جهة أخرى.

كما لها دوراً في تحديد مواقع المناطق الصناعية الملوثة للبيئة ومحطات تصريف أو معالجة مياه الصرف الصحي، التى تتطلب أن تنشأ في الجهات المعاكسة لهبوب الرياح السائدة ، لكي تدفع الغازات والروائح االمنبعثة من تلك المحطات بعيداً عن المدينة.

كما ان اتجاه الشوارع بذلك الاتجاه يقلل من تاثير الرياح القادمة من جهة الصحراء الغربية والمحملة في الغالب بالغبار.

ويتّضح من الجدول (7–8) إن معدلات سرعة الرياح تبلغ أقصاها في فصل الصيف.

جدول (7–8)المعدل الشهري والسنوي لسرعه الرياح(م/ثا) في محطة الرمادي للمدة(1982–2012)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
المعدل	1,9	2,3	2,6	2,3	2,7	2,8	3	2,8	2,1	1,8	1,8	1,7

اذ يكون أقصى معدل لها في شهر تموز (3م/ثا)، بسبب ارتفاع درجات الحرارة صيفاً وازدياد نشاط تيارات الحمل، التي تسهم إسهاما فعّالا في زيادة شدة التبخر، مما يترتب عليه زيادة نشاط الخاصية الشعرية التي تسهم في تفاقم مشكله الملوحة في منطقة الدراسة الى جانب العوامل الأخرى.

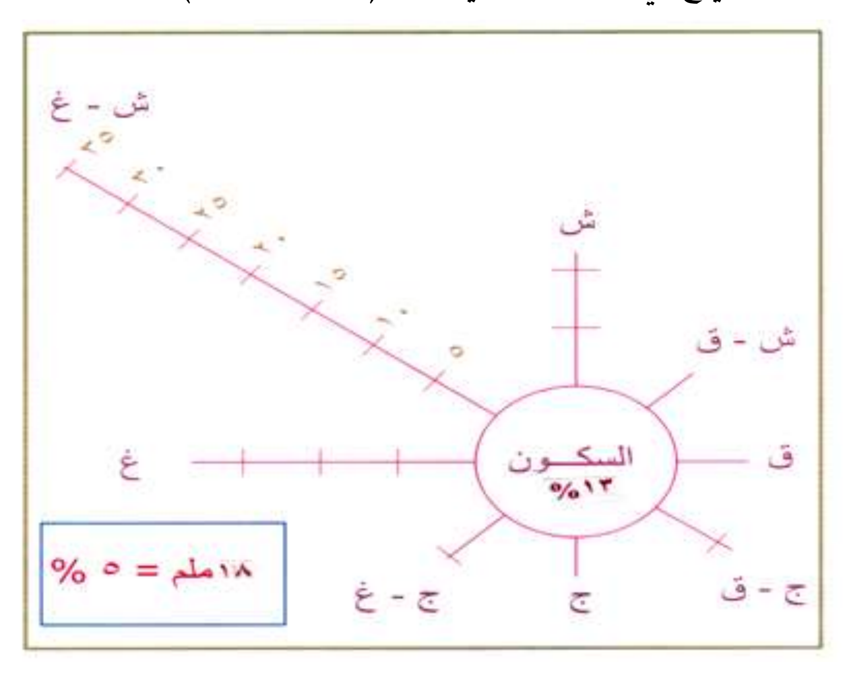
أما أدنى معدلاتها في أشهر الشتاء، إذ لا تتجاوز سرعتها في كانون الأول(1,7م/ثا) يعود ذلك الى ضأله النشاط الحراري وسيادة المرتفع السيبيري وتراجع المنخفض الموسمي.

أما اتجاه الرياح فهي غير ثابتة، أي متغيرة الاتجاه بشكل مستمر، كما يوضّح الجدول(7–9)النسب المئوية لتكرار اتجاه هبوب الرياح في محطة الرمادي للمدة(1982–2012)

الشمالية	الشمالية الشرقية	الشرقية	الجنوبية الشرقية	الجنوبية	الجنوبية الغربية	الغربية	الشمالية الغربية	السكون
11,4	4	4,5	6	3	5,1	18	35	13

إنّ الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة في منطقه الدراسة، بسبب مرور المنخفض فوق المحيط الهندي خلال فصل الصيف، لذا تهبّ الرياح باتجاه عام من الشمال الغربي الى الجنوب الشرقي وإنّ نسبة تكرارها(35م/ثا) من مجموع الرياح الهابة .

شكل (7-6)مخطط اتجاهات الرياح في محطة الرمادي للمدة (1982-2012)



المبحث الخامس- خصائص تربة قضاء الرمادي.

تعرف التربة بأنّها الطبقة المفتتة التي تغطي صخور القشرة الأرضية، وهي ذات سمك يتراوح بين بضع سنتمترات الى عّدةَ أمتار، وتحتوي على مواد غير متماسكة ذات صفات فيزيائيه وكيميائيه، وتوجد في أعلى القشرة الأرضية.

أما حسب المفهوم الهندسي فتعرف التربة بأنّها حبيبات التربة المتواجدة في الطبيعة بشكل مفكك أو متماسك، وتحتوي أحيانا على المواد العضوية والأملاح وحسب مواقع تواجدها في الطبيعة،وتكّونت من الصخور التي تعرّضت لعوامل التفتت المختلفة.[21]

تتيح دراسة خصائص التربة في التعرف على درجات تحملها للضغط الناجم عن المنشآت الهندسية من الأبنية والطرق والجسور وخدمات البنى التحتية وتحديد مواضع تلك المنشآت لإغراض إجراء التصاميم الهندسية التي تشمل أعمال الإنشاء والصيانة.

وتحديد نوعية والمواد المستعملة في الأسس، إذ تكون المناطق الصخرية الصلبة عاليه القدرة على التحمّل ويمكن أقامة الأبنية فوقها مباشرة.

في حين تكون التربة أقلّ قدرة وتتعرض الى الانضغاط، لذا لا يمكن البناء فوقها مباشرة إلا بعد إجراء تحسينات على خواصها،أو إزالتها واستبدالها بنوعية أفضل، وبصورة عامة تتباين التكوينات السطحية في قدرة تحملها، وكما في الجدول(7-10) يبين قدرة تحمل مكونات القشرة الارضية السطحية.[22]

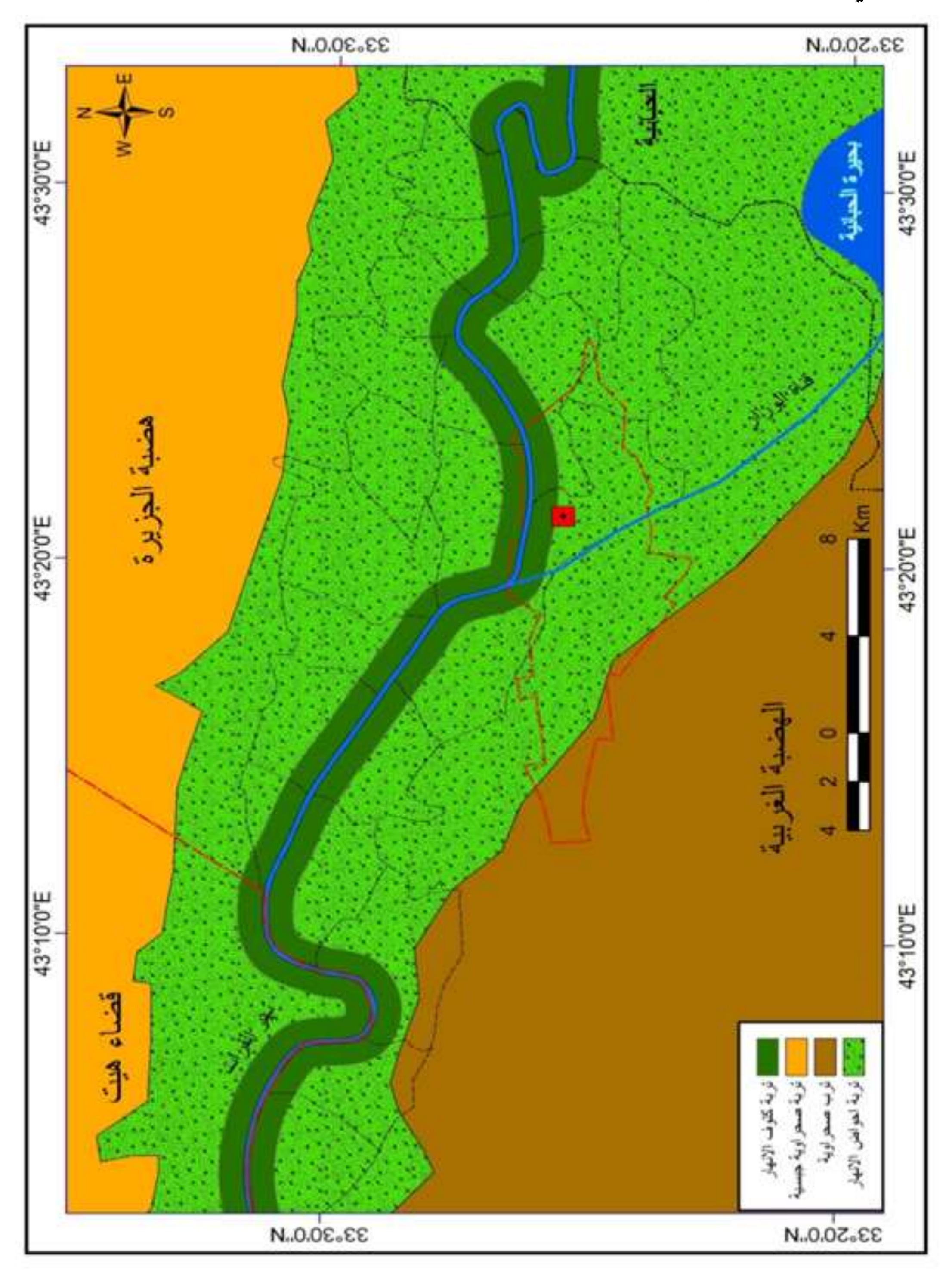
نوع التكوينات	التحمل/ كغم/ سم3
طبقات صخريه صلبه	40-30
طبقات صخريه متوسطه الصلابة	12-10
طبقات صخريه ضعيفة الصلابة	10-8
تربه حصوية او حصوية رمليه	8-6
تربه رمليه خشنه متماسكة	4-2.5
تربه طينية جافه وصلبه	3-2
تربه طينية رمليه	2-1.5
تربه رمليه ناعمة	2-1
تربه طينية هشة	0.75-0.5
تربه طمر او دفن النفايات	0.5-0.25

المصدر :د.خلف حسين علي الدليمي ، علم شكل الأرض التطبيقي ، مصدر سابق ،ص460.

وقد لا يتوقف تأثير التربة على الأسس التي تقع فوقها بل يشمل جوانبها التي تدفن بالترب الضعيفة التماسك، وخاصة الأسس التي ترتفع كثيرا عن مستوى سطح الأرض، مثل التربة العضوية أو المالحة، أو أنقاض الأبنية التي كانت مستخدمة في البناء، كما في الشكل (7-6)صور استخدام أنقاض الأبنية والترب المالحة تحت الأسس.



والتي تعدّ ذات خصائص رديئة تنعكس آثارها على الأسس، وتعدّ التربة من العوامل الطبيعية ذات التأثير المباشر في تخطيط وتصميم المشاريع الهندسية، ويتّضح إن منطقة الدراسة تضمّ أنواعا من الترب، كما توضَح الخريطة (7-7)انواع الترب في قضاء الرمادي.



أولا- تربة أكتاف النهر

ينتشر هذا النوع من الترب على جانبي نهر الفرات من بدايته الى نهايته ،وتكونت بفعل طبيعة الترسبات التي حملتها

مياه النهر، إذ يقوم بإرساب المواد الكبيرة والخشنة التي يحملها بالقرب من الضفاف وإرساب المواد و الحبيبات الدقيقة بعيداً عن ضفاف النهر، وقد تكون ذات نسجة بين الطينية الرملية[23].

وتتصف بارتفاعها عن مستوى ماء النهر، وذات مسامية عالية وجيدة التصريف، إذ يعدُّ النهر المصرف الطبيعي لها ،ولذا تمتاز بقلة نسبة الأملاح فيها، وبارتفاع نسبة المادة العضوية في مكوناتها إذ تصل نسبتها (2,9%)، وقد تسبب الرواسب النهرية مشاكل هندسية كبيرة للأبنية والمنشآت والطرق لأنها ترسّبت حديثا وبشكل سريع، والتي تتكون من تربة هشة حديثة التكوين وغير متماسكة وقدرة تحملها ضعيفة، لذا يكون تنفيذ المشاريع فيها مكلفا.

ثانيا- تربة حوض النهر

تكون هذا النوع من الترب بفعل فيضانات النهر عند غمر المناطق التي تقع وراء الأكتاف، إذ يقوم بترسيب الحبيبات حسب حجمها الكبيرة والمتمثلة بالرمل والمتوسطة المتمثلة بالغرين والناعمة والمتمثلة بالطين، وتترسب الناعمة في المناطق البعيدة عن الضفاف، والتي تكون غالبيتها من الطفل والغرين، وان نسبة الطين فيها تتراوح مابين(50-70%) من مكوناتها[24].

وهذا النوع من الترب ترتفع فيه المواد الكلسية، كما ترتفع نسبة الأملاح نتيجة لارتفاع مستوى المياه الباطنية،إذ ترتفع بالابتعاد عن ضفاف النهر، وفي عام 1974 تم تنفيذ مشاريع الري والبزل في القضاء، لمعالجة مشكلة ارتفاع مناسيب المياه الباطنية ونسبة الملوحة في التربة،وتتطلب تلك العملية تسوية تتضمن دفن وتعليه ترابية لغرض إبعاد أسس الأبنية وممرات الطرق عن المياه الجوفية والملوحة، وتكون قدرتها على تحمل الأثقال الكبيرة للمنشآت الهندسية عالية.

ثالثا-التربة الصحراوية

تعدّ هذه الترب من أكثر أنواع الترب انتشارا في القضاء، وهي ترب جافة يتسم مناخها بشدة التبخر تفوق عمليه سقوط المطر طوال أيام السنة، فضلا عن قلة أعماق التربة،إذ يظهر على نطاق واسع بين مدينتي هيت الرمادي على يمين نهر الفرات ، وعلى نطاق ضيق ومتقطّع على الجهة اليسرى.

ويمكن تقسيم تلك الترب الى نوعين.

1-الترب الصحراوية الجبسية

تنتشر هذه التربة في الأجزاء الشمالية من القضاء الواقعة الى الشمال من نهر الفرات وتحتوي على نسبة عالية من الجبس(كبريتات الكالسيوم).[25]

وتتكون طبقاتها الأساسية من الجبس والحجر الكلسي وحجر الرمل، وهي ترب ضحلة قليلة العمق يتراوح عمقها مابين(5سم-20سم)،إذ أثرت فيها عوامل التعرية المائية والرياح.

2- الترب الصحراوية الجبسية المختلطة

ينتشر هذا النوع من الترب على مساحة واسعة من القضاء،إذ يوجد في الأجزاء الجنوبية والغربية منه.
وتتألف هذه التربة من مكونات كلسية وطينية ورملية مختلطة بنسب عالية من الجبس قد تصل الى(45%) من مكوناتها[26].

إنّ الترب الجبسية تسبب مشاكل كثيرة عند تعرّضها للماء،إذ أنّ مادة الجبس تتحلل وتذوب تاركة فراغات وتكهفات كبيرة تؤدي الى الهبوط غير المتجانس، فضلا عن أنها تولد قنوات مائية تساعد على مرور الماء وهذا يؤدي الى ذوبان أكبر من المواد الجبسية، مما يؤدي الى حدوث أضرار في الأبنية في المنشآت الهيدروليكية وفي طبقات الطرق ومشاريع خدمات البنى التحتية والتي سيتم توضيحها لاحقاً .

3–التربة الكلسية

تنتشر تلك التربة على نطاق واسع غرب وجنوب غرب مركز مدينة الرمادي،وتعد تربة هشة قابليتها على الاذابة بالماء عالية،لذا تتعرض الابنية المقامة فوقها الى التشقق اذا ما تسربت المياه تحت الاسس وتعرضت الطبقات التي تحتها الى الاذابة فتهبط تلك الاسس، فيتسبب بتشقق الجدران،اذ تقع جامعة الانبار ضمن تلك التربة.

المبحث السادس–الموارد المائية في قضاء الرمادي.

يعد الماء عنصراً أساسيا في حياه الإنسان وحياة الكائنات الحية سواء كانت نباتية أم حيوانية، وليس أدل من قوله تعالى((وجعلنا من الماء كل شيء حي)) وتشمل الموارد المائية في منطقه الدراسة على المياه السطحية والمياه الجوفية،وفيما يلي استعراض مختصر لكل منهما:

أولا– الموارد المائية السطحية

يمثل نهر الفرات مصدرا رئيسا في محافظة الانبار ومعظم محافظات العراق،ويرتبط به موقع مدينة الرمادي في بداية نشأتها،لأنه يمثل عصب الحياة فيها كما أنه يعدّ عاملاً مهما في توزيع السكان في منطقة الدراسة، وتعدد نشاطاتهم ووظائفهم الاقتصادية، إذ تميزت مياه نهر الفرات بخصائص كيميائية جيدة فهي تحتوي على ما يقرب (390جزءً بالمليون) من الأملاح، الأمر الذي جعله المصدر الرئيس لمياه المدينة.

كما توجد بحيرة الحبانية التي تقع على الضفة اليمنى لنهر الفرات في جنوب شرق الرمادي،والتي يزودها نهر الفرات بالمياه عن طريق ناظم الورار الذي يقع غرب مدينة الرمادي وقناة الورار التي يبلغ طولها (8,5كم)، وتختلف مناسيب المياه داخل البحيرة بين أشهر السنة وتتراوح ما بين (45 – 53 م) فوق مستوى سطح البحر ، وتعدّ البحيرة أحد العوامل الطبيعية التي ساهمت في رفع مناسيب المياه الجوفية في المناطق الواقعة شمالها(حصيبة الشرقية والنساف).

إنّ اختراق النهر وقناة الورار منطقة الدراسة من شأنه أن يحدد مناطق العبور ويقطع شبكة الطرق ، ويتطلب الأمر الى بناء الجسور والتي تحتاج الى تكاليف عاليه، كما إن للنهر دوراً في تخطيط وتصميم المشاريع العمرانية وخدمات

البنى التحتية، ومنها محطات معالجة مياه الصرف ومحطات تصفية المياه الصالحة للشرب، فضلاً عن مضخات المياه التي ساهمت في إنشاء العديد من المشاريع الإروائية التي أقيمت في ريف مدينة الرمادي، ووتحولت اكتاف هذه المشاريع الإروائية الى طرق للسيارات.

ثانيا–المياه الجوفية

إنّ المياه الجوفية لا توجد بمحض الصدفة بل هناك جملة من العوامل والمقومات المناخية والهيدرولوجية والطبوغرافية للمنطقة والبيئة ونوع التربة التي لها دور هام في تواجد تلك المياه .

ويرجع ارتفاع مناسيب المياه الجوفية الى العوامل الطبيعية المتمثلة بمستوى مياه نهر الفرات وقناة الورار الذي يتراوح المنسوب فيها ما بين (48م– 51م) عن مستوى سطح البحر، في حين إنّ معدل ارتفاع المدينة (51م) عن مستوى سطح البحر، مما يجعل قسم من المياه تتسرب الى موضع المدينة، كذلك بحيرة الحبانية التي لها نفس الدور إذ يصل مستوى المياه فيها الى (51م) عن مستوى سطح البحر،لذلك تتسرب المياه الجوفية الى المناطق الواقعة شمالها التي لايزيد ارتفاعها عن 48م فوق مستوى سطح البحر،ولولا وجود قناة البزل التي تبدا من مدينة الرمادي لتصب في نهر الفرات شمال غرب مدينة الخالدية لتعرضت تلك المناطق الى الغرق بالمياه الجوفية،وحدث ذلك عام 1991 عندما توقفت مضخات نقل المياه عن العمل،فغطت المياه الجوفية تلك المناطق.

إنَّ عدم وجود شبكة مجاري لتصريف المياه الثقيلة ومياه الأمطار تغطي كل أحياء المدينة وإهمال القنوات المفتوحة والمبازل السطحية المخصصة لتصريف المياه التي أصبحت مملوءة بالنفايات والنباتات الطبيعية التي تعرقل تصريف المياه، فضلا عن عدم كفاءة شبكات توزيع المياه أدى تسّرب كميات كبيرة من المياه الى داخل التربة والطبقات الصخرية مسبباً في ارتفاع مناسيب المياه الجوفية، ونتيجة لارتفاع مناسيب المياه الجوفية في المدينة فقد أثرت على الوحدات السكنية، إذ ارتفعت الرطوبة في جدران الدور، فقد أصبح بعضها متهرئا وبعضها الآخر آيلاً نحو السقوط مما يستوجب الأمر الاستمرار في عمليات الترميم، كما في صور(7–8).



وتشير الدراسة الى إن(100%) من الوحدات السكنية في حي الشركة متأثرة بالرطوبة ، و(93,7%) في حي البكر، و(93,3%) في حي التأميم.[27].

وتنخفض المياه الجوفية نسبيا الى (58,8%) في الملعب، ويرجع هذا التباين الى عوامل عديدة منها الوضع الطبوغرافي للمنطقة وارتفاعها عن مستوى سطح البحر، وكذلك عمر الوحدات السكنية وتاريخ بنائها،إذ يبدو أنّ الإحياء السكنية القديمة مثل القطانة والعزيزية أكثر تأثرا بعامل الرطوبة من الإحياء الحديثة.

إنّ ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في التربة عن مستوى الأسس والطرق تؤدي الى مشاكل لما تسببه من تغير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك التكوينات التى تنعكس آثارها على صلابتها وكفاءتها، كما تعمل تلك المياه على تنشيط عمليات تآكل الأنابيب والأعمدة والأسيجة الحديدية المدفونة، ولاسيما في المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الملوحة.[28]

المبحث السابع–النبات الطبيعي

هو النبات الذي ينمو من تلقاء نفسه دون تدخل الإنسان فيه،وتختلف نوعيته وكثافته في منطقه الدراسة من مكان لآخر باختلاف الظروف الطبيعية والبشرية التي تحيط به.

ويعد النبات الطبيعي واحداً من أهم العوامل الديناميكية في تكوين التربة، لأهميته في تحديد محتوى التربة من المادة العضوية، بتحسين صفات التربة الفيزيائية ذات المسامية العالية، لذا فهي تحسن تهوية التربة وحركة المحاليل فيها، وتزيد من احتفاظ التربة بالماء، مما يهيئ وسطا أفضل لنمو النباتات وفعاليات أحياء التربة.

بينما تؤثر التربة العضوية على أقامة المشاريع الهندسية، وتكون تربه ضعيفة التماسك والصلابة وينتج عنها مخاطر

كبيرة خاصة إذا كانت تحت الطبقات السطحية، فتتعرض الى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف فيؤدي ذلك الى تصدع وانهيار الأبنية والطرق.

كما ان للنبات الطبيعي دور في الترب التي يعيش فيها، اذ يؤدي الى انخفاض أو ارتفاع نسبه الأملاح في التربة ، كما إن الغطاء النباتي الكثيف اثر في تقليل نسبة التبخر وعملية التعرية وانجراف التربة.

وينتشر النبات الطبيعي على نطاق واسع في منطقة الدراسة خاصة على الجزر وضفاف الأنهار(الغرب ، الطرفة ، الصفصاف،القصب ، السوس ، الطرطيع).

إما نباتات القصب والحلفة والشوك والعاقول والأدغال فقد تنمو في الترب حوض النهر وكتوف النهر التي تنتشر على طول المبازل وقنوات الري وفي الأراضي المتروكة والأراضي المنخفضة،

أما النباتات الصحراوية التي تنمو في الهضبة الصحراوية وهي على نوعين النباتات المعمرة مثل(الرمث ، العاقول ، العوسج ، الشوك الأثل ، الشيح ، القيصوم).

والنباتات الحولية التي يتحدد نموها بموسم سقوط الأمطار من تشرين الثاني الى نيسان وتستثمر هذه النباتات للرعي في مواسم الرطبة.

المبحث الثامن –الخصائص السكانية:

تعدّ دراسة السكان من العوامل الرئيسة لأي دراسة ،ذلك لارتباطها الوثيق بدراسة وتحليل الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والعمرانية لأي منطقة، ليس هذا فحسب بل أن مجمل عملية التنمية تستند على الخصائص السكانية،إذ انه جزء لا يتجزأ من عملية التخطيط المستقبلي لجميع استخدامات الأرض،وعليه فان معرفه عدد السكان حاليا ومستقبلا يرسم صوره واضحة لدى المخططين،وصناع القرار لأفاق التغيرات الهيكلية التي ستطرأ على ارض المدينة في المستقبل ،مما يؤدي بالنتيجة الى التخطيط السليم لاستعمالات الأرض، والتوجيه الصحيح لتوسع العمران،وفيما يلي استعراض لأبرز المتغيرات السكانية في منطقه الدراسة.

أولا –التوزيع الجغرافي لسكان قضاء الرمادي

يعد التوزيع الجغرافي للسكان من المواضيع الهامة التي تناولتها الدراسات الجغرافية المختلفة، ذلك لان هذا التوزيع يعكس الصورة النهائية لتفاعل العوامل الجغرافية، والتي يظهر تأثيرها من خلال اتخاذ ذلك التوزيع أنماطا متباينة بعضها عن البعض الأخر ،ومن هذا المنطلق لابد من التعرف على صورة التوزيع الجغرافي لسكان قضاء الرمادي.

1–التوزيع العددي والنسبي للسكان:

ان عدد سكان قضاء الرمادي بتزايد مستمر، فقد بلغ عدد سكان مركز قضاء الرمادي (134590) نسمه في عام 1977، بنسبه (97,8%) من مجموع سكان القضاء، ليصل الى (278912) نسمه عام 1997، ثم ارتفع الى

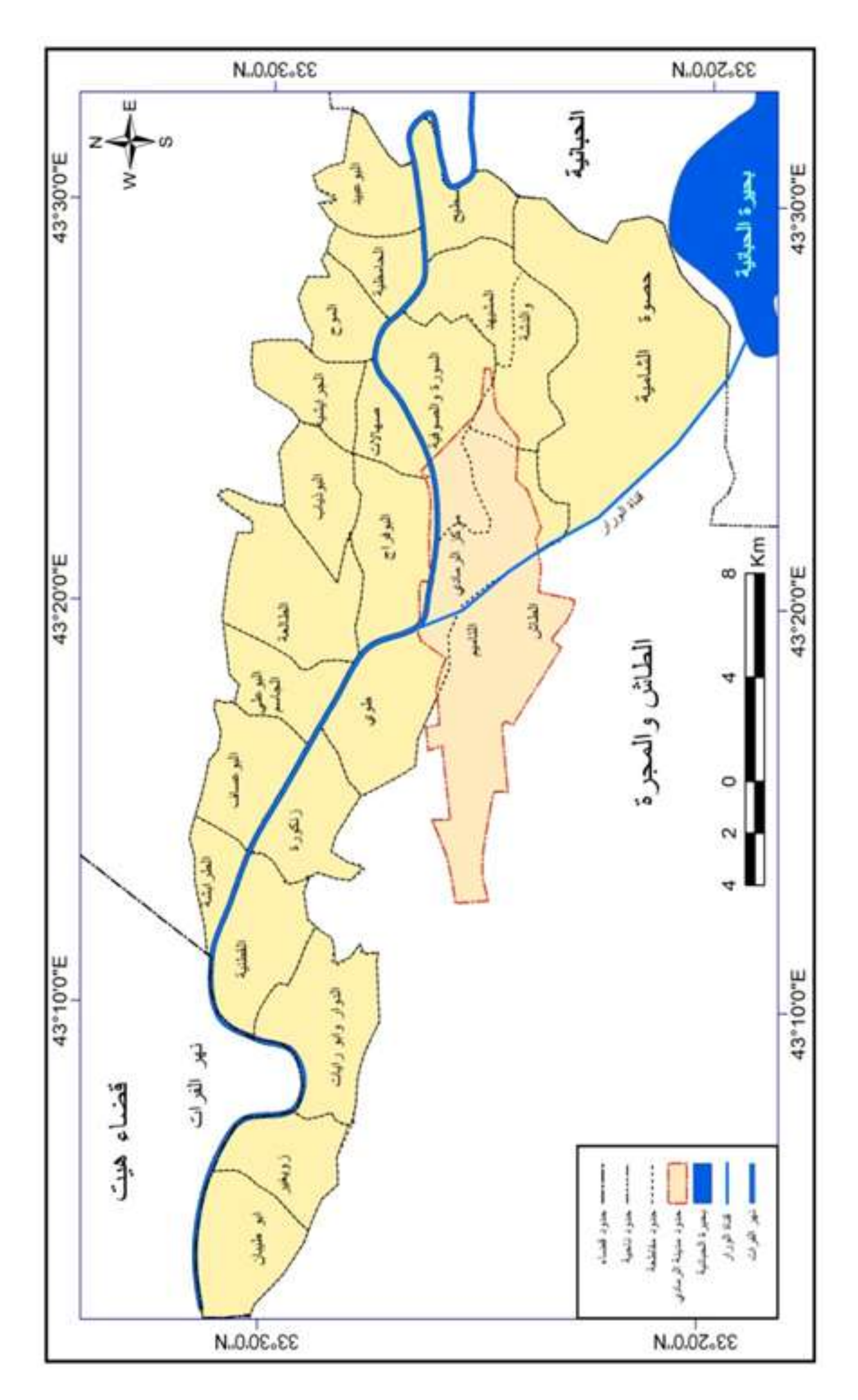
(467876) نسمه في عام 2013 ،وفي عام 2020 تجاوز عدد السكان 500 الف نسمة، إن الزيادة في أعداد السكان ولدت ضغطا كبيرا على الأرض، مما أدى الى استغلال جزء منها لاستعمالات عمرانية وصناعية وتجارية من جهة ،وخدمات البنى التحتية المتمثلة الماء والكهرباء والمجاري المائية فضلا عن الطرق والجسور من جهة أخرى، لذلك لابد من دراسة خصائص السكان في تخطيط وتصميم المشاريع الهندسية في منطقة الدراسة.

2- أنماط توزيع السكان

تتخذ المستقرات البشرية في القضاء أنماطا توزيعيه مختلفة تحت تأثير عوامل طبيعيه وبشريه متباينة ،مما أدى الى ظهور مناطق ذات تركز سكاني عالٍ ، أما لكونها مراكز حضرية،أو مناطق تجارية، وظهور مناطق قليلة السكان أو خالية تماما، وبالتالي فإن زيادة الكثافة السكانية على منطقه صغيرة من الأرض سوف يؤدي الى زيادة الطلب على الوحدات العمرانية وعلى جميع خدمات البنى التحتية والطرق والجسور، وعند تخطيط المشاريع الهندسية يجب الأخذ بنظر الاعتبار النمو المتزايد للسكان، عموما توجد ثلاثة أنماط رئيسة لتوزيع السكان في القضاء هي :

أ- النمط المتَجمّع : ويشمل المناطق ذات الكثافات السكانية العالية في القضاء، إذ يتركز هذا النمط في المناطق الحضرية ولاسيما في مدينه الرمادي .

ب- النمط الخطّي: يعني انتشار السكان بشكل خطّي مع امتداد نهر الفرات أو امتداد طرق النقل في القضاء، ويكون انتشار السكان وتركزه ضمن هذا النمط بصورة أقل من النمط الأول، وينتشر السكّان ضمن هذا النمط على ضفتي نهر الفرات اليمنى واليسرى في السهل ارسوبي وحافة الهضبة الغربية وهضبة الجزيرة،ومن تلك المستقرات (طُوي ، والسورة ، والبوعساف، والطرابشه، وزوية سطيح) ولهذا النمط مستوطنات ضفاف النهر على الأغلب خطيا،الخريطة (7-9)تبين موقع مدينة الرمادي ومحيطها.



ومن الجدير بالذكر ان المستقرات البشرية بين هيت والرمادي الجهة اليمنى من النهر تركزت عند حافة الهضبة الغربية،بعد ان تعرضت مناطقهم في وادي النهر الى الفيضان لثلاث سنوات متتالية وهي 1967 و1968 و1969.

ت- النمط المبعثر أو المنتشر :ويظهر هذا النمط لدى سكان الريف ذوي الملكيات الكبيرة من الأرض ضمن المستوطنة الواحدة أو يظهر بسبب مظهر جغرافي طبيعي لا يسمح بامتداد التوطن السكاني بشكل خطي أو متجمع بسبب وجود البحيرات الهلالية او مرتفعات هضبية، ويظهر في كل من مقاطعات منطقه الدراسة (الجريشة ،

والبوذياب ، والبوعبيد) أو يظهر هذا النمط في المناطق التي يكون فيها مورد اقتصادي، مثل مقالع الحجر والقار كما هو الحال في قرية البوجليب في منطقة (أبو الجير) وقرية العواصل الى الشمال الغربي من ابو الجير.

ثانيا–كثافة السكان

تعني الكثافة السكانية وفق مفهومها العام درجة تركّز السكان، معبّرا عنها بالعلاقة بين عنصرين غير متجانسين، والسكان هو عنصر متغيّر،أما مساحة الأرض فهي عنصر ثابت،ويعني عدد السكان في وحدة المساحة لكل (كيلومتر أو ميل مربع)، أو هي معدل عدد السكان الذين يعيشون في منطقة محددة المساحة.

إن أي تغير في استعمال الأرض أو زيادة في الكثافات السكانية يؤثر على تخطيط المشاريع الهندسية ومتطلباتها التصميمية والتشغيلية، وعلى سبيل المثال أن زيادة الكثافة السكانية ينتج عنه زيادة في استهلاك الماء الذي يسبب ضغطا كبيرا على شبكه المجاري سواء القائمة حاليا أو التي ستنفذ مستقبلا،مما يؤدي الى زيادة الطلب على جميع خدمات البنى التحتية وعلى الطرق ووسائل النقل ، مما يؤثر على الكفاءة الوظيفة للمنطقة العمرانية، والى قصور ومشاكل في الخدمات المقدمة للسكان.

ويمكن دراسة كثافة السكان لمدينة الرمادي وكما يلي:

1–الكثافة الحسابية العامة

يعد هذا النوع أكثر استعمالا وشيوعا نظرا لسهولته، وهو عبارة عن العلاقة بين الحجم العام لسكان منطقة معينة وبين المساحة الكلية لتلك المنطقة، بغض النظر عن الإمكانيات الاقتصادية لهذه الأرض وقدرتها الإنتاجية، وتستخدم الكثافة العامة لمعرفة حجم السكان وقدرة الأرض أو الوحدة المساحية على استيعابهم.[29]، وهي من بين الدراسات التي أهتم بها مخططوا السياسات التنموية على مستوى الدولة .

ومن ملاحظة أنَّ الكثافة العامة لمنطقة الدراسة بلغت (18,1) شخص/كم2، في عام 1977 وارتفعت الى (36,5) شخص/ كم2 في عام 1997 واستمرت في الارتفاع إذ بلغت (61,2) شخص/كم2 في عام 2013، وهذا انعكاس لزيادة عدد السكان في منطقة الدراسة الجدول (1–11) الكثافة العامة (نسمه/كم2) لسكان قضاء الرمادي.

السنة	عدد السكان نسا	المساحة الكلية ك	الكثافة العامة نسمه/كم2
1977	137614	7639	18,1
1997	278912	7639	36,5
2013	467876	7639	61,2

ثالثا–النمو السكاني

يعدُّ النمو السكاني من العناصر الديموغرافية المميزة في العصر الحديث لما يترتب عليها من متطلبات الحياة المتنوعة، تمثل الزيادة السكانية تحدّيا هاما للبشرية ، ولاسيما فيما يخص الشعوب النامية التي يتزايد سكانها بمعدل كبير يزيد على معدل التزايد في التنمية الاقتصادية، ويتجلّى الاتجاه العالمي لنمو السكان ومنطقة الدراسة تحديدا نحو الزيادة المستمرة للسكان.

إنّ النمو السكاني يؤدي الى توسّع الرقعة المساحية ويزيد من عدد وظائف المدينة، ويعد أهم متغيّر في استشراف المستقبل،إذ أنّ معرفة عدد السكان المتوقع له دور أساسي في صياغة التوجهات المستقبلية في تخطيط المشاريع الهندسية.

تم استخراج معدل النمو السكاني في القضاء بالاعتماد وعلى المعادلة الآتية[30].

$$r = t \sqrt{\left(\frac{P1}{P0}\right) - 1} \times 100$$

حيث إن :

R = معدل النمو

T = الفرق بين التعدادين

P1 = التعداد اللاحق (2013)

Po = التعداد السابق (1997)

وجاءت نتائج التطبيق أنَّ معدل النمو السكاني لقضاء الرمادي (3,1%) من خلال المدة بين (1997–2013)، فقد بلغ عدد سكان القضاء (287912) عام 1997 ، وبلغ عدد السكان (467876) نسمه في عام 2013.

ويعد معدل النمو السكاني في قضاء الرمادي ضمن معدلات نمو الدول النامية،والتي يمكن ان تكون تلك النسبة المعيار الذي يتم اعتماده لتحديد الحاجة المستقبلية للمشاريع والخدمات المختلفة، وفي ضوء معدل نصيب الفرد الواحد من كل استعمال من استعمالات الأرض الحضرية، التي حددتها المعايير التخطيطية المعتمدة من قبل الجهات التخطيطية المركزية في العراق لمعرفه حجم المدينة المستقبلي.

مصادر الفصل السابع

[1] – جاسم محمد عواد الدليمي ،التغيرات السكانية و الزراعية في ريف قضاء الرمادي ،أطروحة دكتوراه ،كليه التربية – ابن الرشد ،جامعه بغداد ،1999،ص20.

[2]– محمد عبد الفتاح القصاص , التصحّر وتدهور الأراضي في المناطق الجافة , مطابع الوطن , الكويت , 1999 , ص30.

[3]– خلف حسين علي الدليمي , علم شكل الأرض التطبيقي , مصدر سابق , ص287.

[4]– محمد عبد المنعم مصطفى ، وآخرون ،هندسة الطرق وتثبيت التربة ،مكتبه الانجلو المصرية ،القاهرة ، ط1 ، 1950 ،ص44.

[5]– أزل إسماعيل خليل هويدي المحمدي , المناخ وعلاقته بالتخطيط الحضري في مدينة الرمادي , رسالة ماجستير , كلية التربية , جامعة الأنبار , 2013, ص25.

[6] – علي حسين شلش , جغرافية التربة , ط1 , مطبعة جامعة البصرة , جامعة البصرة , 1981 ,ص76.

[7] – صادق جعفر الصراف , مبادئ علم البيئة والمناخ , مؤسسة دار الحكمة للطباعة والنشر بجامعة الموصل , جامعة الموصل , 1980 , ص45.

[8] – نعمان شحاذة , علم المناخ , مطبعة النور النموذجية , عمان , الأردن , 1982 , ص16.

[9] – محمود حسين المصيلحى , هندسة التشييد للإنشاءات العامة والمباني , الجزء الأول , ط2 , القاهرة , 2007 , ص301.

10- Ramian , B .K.(1982), The Effect of chemicals on compressibility and Sttength of Baghdad Silty clay: Building Reseearch center ,R .D.70, Baghdad.

R.V ,Cook and J ,E ,Doorn kamp .Geomorphology in Environmental Management .An Introduction,-11 clarendon press,Oxford,1973 ,P.27 .

12–محمد عبد المنعم مصطفى , هندسة الطرق وتثبيت التربة , مصدر سابق , ص206–207 .

13- Fournier , Climatet Erosion ,Larelation enter Lerosion du sol parleau etles -31 perceipitians Atmosphereques paris,1960,p , 201 .

14– د. هاشم عبود الموسوي , العمارة والمناخ , دار الحكمة للنشر , عمان , الأردن , 2008 ,ص32–33.

15–فاضل باقر الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، دار الحكمة ، بغداد ، 1990 ، ص148.

16– مهدي كامل فليح الراوي ، دور شبكات الطرق في تفعيل علاقات الترابط المكاني للمستقرات البشرية في محافظه الأنبار ، مصدر سابق ،ص60.

17 – محمد عمر العشو ، مبادئ ميكانيك التربة ، جامعة الموصل ، 1991 ،ص13.

18- جمهورية العراق , الهيأة العامة للأنواء والرصد الزلزالي العراقية ,قسم المناخ ,بيانات غير منشورة .

19- Buring , Soil Condtion In Iraq , Minstry of Agricultur ,Baghdad , 1968 . P .151. -37

20- عصام خضير الحديثي واحمد عصام الدباغ ، ترب محافظة الأنبار ، موسوعة الأنبار الحضارية ، جامعه الأنبار ، 1999 ، ص61.

21- Fournier , Climatet Erosion ,Larelation enter Lerosion du sol parleau etles perceipitians Atmosphereques paris,1960,p , 201 .

22-محمد موسى الشعباني ، دراسة جيمورفولوجيه لمنطقة الحبانية باستخدام الصور الجوية ، رسالة ماجستير ، كليه التربية ، جامعه الانبار ، 2005 ،ص23.

23- مشعل محمود فياض الجميلي ، المياه الجوفية في مدينه الرمادي وأثرها على البيئة السكنية ، المؤتمر الجغرافي المتخصص الأول ، كليه التربية للبنات ، جامعه الانبار ، ص11.

24- خلف حسين علي الدليمي ، علم شكل الأرض التطبيقي ، مصدر سابق ، ص450.

25- أزاد محمد أمين النقشبندي ، وتغلب جرجيس داود ، جغرافيه الموارد الطبيعية ، مطبعة جامعة البصرة ،جامعه البصرة ، 1990 ، ص235.

26 - عبد علي حسن الخفاف وعبد مخمور الريحاني , جغرافية السكان , جامعة البصرة , 1986 , ص243 .

27- عمر فتاح كامل محمد العيساوي , التباين المكاني لتوزيع سكان قضاء الرمادي من 1977 الى 2005 ,رسالة ماجستير غير منشورة , كلية التربية , جامعة الأنبار , 2007 , ص34 .

28- منصور الراوي , درسات في السكان والتنمية في العراق , القسم الرابع , وزارة التعليم العالي والبحث العلمي , جامعة بغداد , 1989 , ص255 .

29- حسن الخياط , تحليل الجانب الجغرافي من مشاكل تضخم السكان , مجلة الجمعية الجغرافية , المجلد الثالث , 1965 , ص99-102 .

30- عمر فتاح كامل محمد العيساوي , التباين المكاني لتوزيع سكان قضاء الرمادي من 1977 الى 2005, مصدر سابق ,ص125 .

31- مازن عبد الرزاق شاهين الصغار , دراسة العوامل المؤثرة في النمو الحضري لمدينة الموصل لفترة من 1965 ولغاية 1985 , رسالة ماجستير , جامعة بغداد , 1989 ,ص92 .

32- الأمم المتحدة ، المبادئ العامة للبرامج القومية للإسقاطات السكانية كعامل مساعد في تخطيط التنمية ، ترجمه المركز الديموغرافي القاهرة ، 1967،ص10.

الفصل الثامن– الخصائص الجيوتقنية للتربة في قضاء الرمادي

المبحث الأول – نسجة التربة

المبحث الثاني–أنواع الترب وعلاقتها بتخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الثالث–الخصائص الفيزيائية للتربة واثرها على تخطيط المشاريع الهندسية

المبحث الرابع–الخصائص الكيميائية للتربة:

المبحث الخامس– قابلية تحمل التربة

إنَّ دراسة الخصائص الجيوتقنية عنصر مهمٌ في تخطيط المشاريع الهندسية، إنَّ معرفة نوع التربة وهيئاتها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والهندسية لها دورا كبيرا ومهما في نجاح المشروع الذي يتم اقامته فوقه، لأنَّ معرفة قدرة تحمل التربة ونوعها ومشاكل التي تواجه إقامة المشاريع الهندسية من حيث انتفاخ التربة وانكماشها أو هبوطها، أوارتفاع منسوب المياه الجوفية والمحتوى الرطوبي للتربة، ودرجة اللدونة، وذوبان الجبس في التربة، والذي يتحكم في نوع الأسس والمواد المستخدمة فيها من جانب، وتأثيرها على المشاريع الهندسية المقامة أو المشاريع المقترحة مثل المباني ومدّ الطرق وبناء السدود والجسور وغيرها من المشاريع الهندسية التي بحاجة الى بناء أساسات من جانب آخر، وهذا ما تتطلبه دراسة خصائص الجيوتقنية لتربة مدينة الرمادي لغرض التعرّف على مدى تأثير التربة على المشاريع الهندسية في منطقة الدراسة.

المبحث الأول–نسجة التربة

يعني نسيج التربة طبيعة ترتيب حبيباتها التي تختلف من مكان لآخر اعتمادا على حجم وشكل تلك الحبيبات، والتي تكون من الرمل او الغرين او الطين اوالحصى اومفتتات الصخور الخشنة والناعمة، والتي تتراوح اقطارها ما بين (0,02ملم – 0,002ملم)، والتربة التي قُطر حبيباتها أقل من (0,002ملم) وهي تربة يميل لونها الى السواد، وتوجد غالبا في حالة متحجرة، وعند وضعها في الماء تتفكك في الحال، ويصبح لا قوام لها ، ومثل هذه الترب لا يصح البناء عليها.[1]

وتصنف النسجة اعتمادا على النسبة المئوية لمكوناتها الأساسية الثلاث وهي الرمل والغرين والطين, ولكل واحد منها صفات تختلف عن الآخرى من حيث مدى ملائمتها لإقامة المشاريع الهندسية، أما الأصناف الأخرى فيكون متدرجا او انتقاليا بينهما، والأصناف الرئيسة للتربة هي.

أولا– التربة الرملية

وهي الترب التي تحتوي على أكثر من (70%) من وزنها رملا وتكون خواصها رملية لا يتأثر قوامها بالابتلال او الجفاف لكثرة مساماتها البينية، لذا تكون قليلة الاحتفاظ بالماء، وقليلة اللدونة وغير قابلة للتمدد والانكماش، فضلا عن صغر زاوية الاحتكاك الداخلي للترب الرملية، فعند إنشاء المشاريع الهندسية التي تتطلب عمليات الحفر تتعرض جوانبها للانهيار.

ثانيا– التربة الغرينية :

تعد الحبيبات الغرنية صغيرة جدا تتجاوز حجم الغرويات بقليل ملمسها ناعم حريري متميز، ومقاومتها لتغير الشكل معتدلة،وتحتوي على نسبة عالية من الغرين تصل الى حوالي (80 %) أو أكثر، وأقل من (12%) طين .

ثالثا– التربة الطينية

وهي الترب التي تحتوي (40%) من وزنها حبيبات طينية،وتتصف بالبلاستيكية واللدانة، وتتصف بالزوجة والانتفاخ عند ترطيبها، والتصلب والانكماش عند الجفاف، وقابليتها على الاحتفاظ بالماء والأملاح بنسبة عالية.

المبحث الثاني–أنواع الترب وعلاقتها بتخطيط المشاريع الهندسية

اولا– أنواع الترب حسب نسب المفصولات الأساسية:

تتكون التربة من مجموعة من المفصولات تختلف كثيرا في الحجم والشكل، ولغرض تحديد نسجات التربة يجب وضعها في مجاميع اعتمادا على نسب المفصولات المختلفة التي تؤثر على خواص التربة بصورة عامة، وتوجد ثلاثة مجاميع رئيسة هي المجموعة الناعمة النسجة، والمجموعة المتوسطة النسجة،والمجموعة الخشنة النسجة، وتوجد داخل هذه المجاميع أصنافا يبلغ عددها اثنا عشر صنفا، كما هو مبين في الجدول(8–1) الاصناف المتنوعة لنسجات الترب مع النسب المئوية لمفصولاتها.[2]

النظام الثلاثي	النظام الخماسي	صنف النسجة	الرمز	النسبة المئوية للمكونات (مفصولات)		
				الرمل	الغرين	الطين
نسجة رملية	خشنة	رمل	S	100−85	15−0	10−0
		رمل مزيجي	L .S.	90−70	30−0	15−0
نسجة مزيجية	معتدلة الخشونة	مزيج رملي	S.L	أقل من 52	50−0	20−0
		مزيج رملي دقيق	F.S.L.			
		مزيج رملي دقيق جدا	V.F.S.L			
		مزيج	L	أقل من 52	50−30	27−7
	متوسطة النسجة معتدلة النعومة	مزيج غريني	SI.L	50−0	80−50	27−0
		غرين	SI	30−0	100−80	40−27
		مزيج طيني	C.L.	40−20	--	45−20
نسجة ناعمة		مزيج طيني رملي	S.C.L	35−20	28−0	55−35
		مزيج طيني غريني	SI.C.L	40−22	73−40	اقل من 50
		طيني رملي	S.C.	أكثر من 35	--	أكثر من 40
	دقيقة (ناعمة)	طين غريني	CI.C.	أكثر من 40	أكثر من 40	35−20
		طين	C.	أقل من 35	40−0	أكثر من 40

المصدر: وليد خالد العكيدي , وشاكر محمود العيساوي , مورفولوجي التربة , جامعة بغداد ,1989 ,ص130.

لذا تعدُّ النسجة صفة مورفولوجية – فيزيائية – هندسية، ونسجة التربة خاصية ثابتة على عكس بعض الخصائص الأخرى مثل نسبة المواد العضوية، وتفاعل التربة مع غيرها تتغير ولا يمكن الاعتماد عليها كخصائص ثابتة للتربة، ولنسجة التربة تأثير على مساميتها ونفاذيتها، وما يترتب على ذلك من أهمية في تسرب المياه.

ولنسيج التربة تأثير مباشر على صفات التربة الأخرى كاللدانة والسيولة والمسامية والنفاذية والتماسك والاحتفاظ بالرطوبة والماء، فالتربة الطينية مثلا لها قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء وخزنة أكثر من التربة الرملية، وكذلك قابليتها على التمدد والتقلص بدرجة كبيرة،والتي يتغير بها الحجم،إذ يزداد عند الترطيب وينكمش عند الجفاف، ولاسيما في الترب التي تحتوي على نسبة عالية من الطين،أما الترب المزيجية وهي خليط من الرمل والطين والغرين، ويتساوى فيها تأثير دقائق الترب الرملية والطينية، وظهور صفة البلاستيكية بصورة ضعيفة جدا، وتكون نسبة الطين ما بين (7–27%) ونسبة الغرين (28–50%) ونسبة الرمل أقل من (52%).

وجميع هذه الخصائص التي تؤدي الى حدوث أضرار كبيرة في المنشآت المقامة على الترب الانتفاخية التي تسبب في تشقق وتحطم أساسات والأرضيات وتحطم الأنابيب والطرق، كما تؤثر النسجة في تنشيط عمل الخاصية الشعرية والاحتفاظ بالماء، مما يؤدي الى ارتفاع الرطوبة في الأسس وجدران الأبنية، فالتربة ذات النسيج الخشن تمتاز بسهولة حركة الماء والهواء داخل بنائها التي تكون مواد جيدة في تنفيذ الطرق، أما التربة ذات النسيج الناعم والتي تمتاز بصعوبة حركة الماء والهواء فيها، وإنّ هذه الفراغات والفجوات التي تسبب مشاكل للأسس وهبوط الأبنية، كما أنَّ نوعية الترب تؤثر على استقرارية الحفر وتنهال جوانبها مما يتطلب تدعيم جوانب الحفر بصفائح حديدية، وسيتضح أثر هذه الاصناف الرئيسة للترب في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية المتمثلة في تخطيط الوحدات العمرانية وخدمات البنى التحتية والطرق والجسور في قضاء الرمادي والجدول (2–8) يوضّح أصناف النسجة لمواقع العينات في منطقة الدراسة.

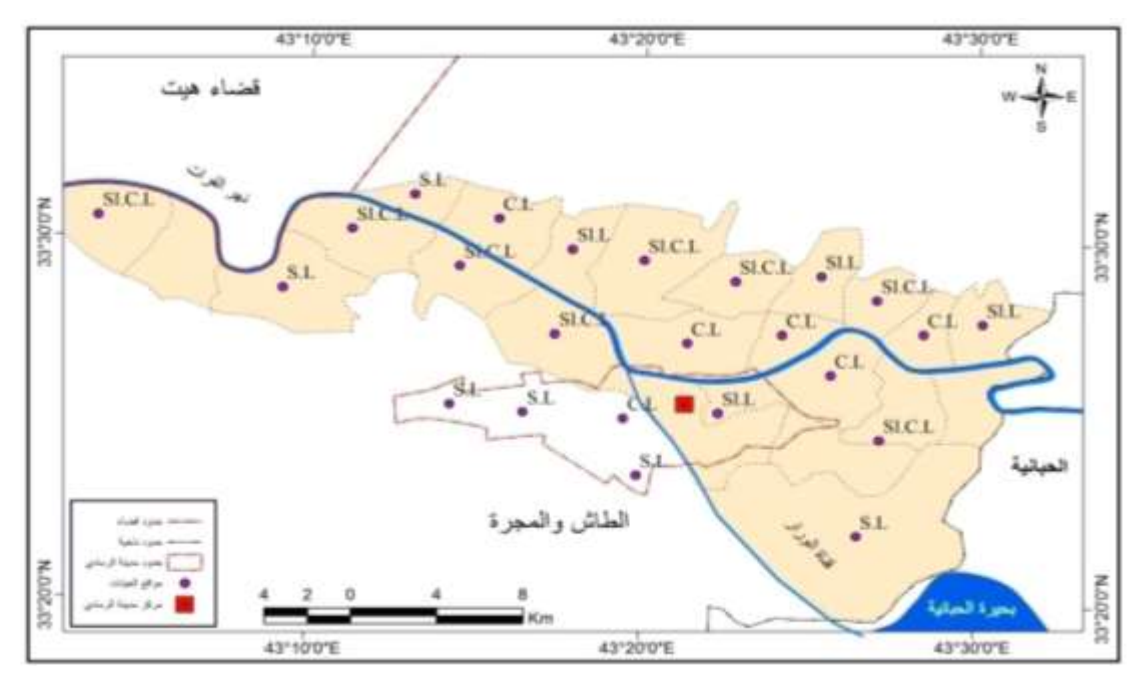
موقع العينة	تحليل حجوم الدقائق			صنف النسجة	موقع العينة	تحليل حجوم الدقائق			صنف النسجة
	رمل	غرين	طين			رمل	غرين	طين	
الطاش	610	310	80	S.L	زوية السط	266	546	188	Sl.L
7كم	530	345	185	S.L	البوعبيد	228	582	190	Sl.L
حي السكك	570	330	100	S.L	الحامضية	246	466	288	C.L
التأميم	320	342	338	C.L	الموح	170	520	310	Sl.C.L
الورار	325	340	335	C.L	الصهالات	205	478	317	C.L
الجمعية	145	580	275	Sl.C.L	زوية البوفرا	245	447	288	C.L
الحوز	175	710	115	Sl.L	الجريشة	222	550	228	Sl.L
الملعب	223	627	150	Sl.L	البوذياب	170	520	310	Sl.C.L
العزيزية	287	538	175	Sl.L	الطالعة	180	531	289	Sl.C.L

حي الضباط	428	447	125	L	البوعلي الجا	283	531	204	SI.L
حي المعلمين	416	374	210	L	البوعساف	780	90	130	C.L
حي التقدم	190	485	325	SI.C.L	تل الرعيان	173	518	309	SI.C.L
حي الشركة	187	497	316	SI.C.L	طوي	188	489	323	SI.C.L
السورة والصو	251	463	286	C.L	زنكورة	187	489	324	SI.C.L
المشيهد والدش	180	531	289	SI.C.L	الكطنية	170	420	410	SI.C.L

ان تحديد صنف النسجة يكون عن طريق قياس النسب المختلفة للرمل والغرين والطين في المختبر بطريقة تسمّى بالتحليل الميكانيكي (طريقة تحليل حجوم الدقائق) ومن ثم استخدام مثلث النسجة لتحديد صنف النسجة في مواقع العينات ضمن منطقة الدراسة، وان تصنيف التربة وتحديد المجموعة التي تنتمي إليها التربة التي تتسم بسلوك هندسي مشترك، وبذلك يتيح تصنيف التربة إيجاد حلول هندسيه سريعة وتقريبية لكثير من المشكلات المتعلقة بالتربة.[3]

وتتميز ترب منطقة الدراسة باختلاف نسجتها ضمن مسافات قصيرة أفقيا وعموديا، والحقيقة أنَّ التربة الموجودة في منطقة الدراسة يندر أن تتكون من حجم واحد من حبيبات الرمل والطين والغرين، وانما هي في الغالب تتكون من خليط من حبيبات مختلفة الأحجام،والسبب في تباين مفصولات (الرمل والغرين والطين)يعود الى الفعالية الديناميكية للنهر المتمثلة في القرب والبعد عن مصدر الترسيب لنهر،وزخم المياه المتحركة عرضيا أثناء الفيضانات وكذلك تأثير نوعية الترسبات الاروائية، فضلاً عن طبيعة الموقع الذي انجرفت منه المواد المترسبة.

ويتضح أنَّ أصناف النسجة في وحدة كتوف الأنهار ما بين متوسطة النسجة الى معتدلة النعومة متمثلة في النسجات المزيجة والمزيجة الطينية والمزيجة الطينية الغرينية، أما في ترب الأحواض النهرية فتوزعت أصناف النسجة ما بين معتدلة النعومة متمثلة في النسجة المزيجة الطينية الغرينية، والغرينية المزيجية، والمزيجة الغرينية الطينية، أما في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة متمثلة بمزيجية رملية، والخريطة (8-1)تبين أصناف نسجة التربة في قضاء الرمادي.



ثانيا–الترب حسب نظام التصنيف الموحّد(USCS)

تعدُّ معرفة أصناف الترب الرئيسة هي مهمة جدا في أمان واقتصادية التصميم للمنشآت الهندسية، ومدى ملائمة هذه الأصناف في تشييد المشاريع الهندسية على الأرض،والجدول (8–4)يبين خصائص التشييد المهمة للتربة المصنفة في النظام الموحد.

نوع التربة	الرمز	التعريف	عمليتها في التشييد	مناسبتها كتربة تحت الأساس (عدم التجمد)	مناسبتها للسطح
حصى جيد التدريج	GW	ممتاز	ممتاز	جيد	جيد
حصى سئ التدريج	GP	ممتاز	جيد	جيد الى ممتاز	سئ
حصى طمى	GM	سئ الى مقبول	جيد	جيد الى ممتاز	مقبول
حصى طيني	GC	سئ	جيد	جيد	ممتاز
رمل جيد التدريج	SW	ممتاز	ممتاز	جيد	جيد
رمل سئ التدريج	SP	ممتاز	مقبول	مقبول الى جيد	سئ
طمى رملي	SM	سئ الى مقبول	مقبول	مقبول الى جيد	مقبول
طين رملي	SC	سئ	جيد	سئ الى مقبول	ممتاز
طمى ضعيف اللدونة	ML	سئ الى مقبول	مقبول	سئ الى مقبول	سئ
طين ضعيف اللدونة	CL	سئ	مقبول الى جيد	سئ الى مقبول	مقبول
عضوي ضعيف اللدونة	OL	سئ	مقبول	سئ	سئ
طمى عالي اللدونة	MH	سئ الى مقبول	سئ	سئ	سئ
طين عالي اللدونة	CH	سئ جدا	سئ	سئ الى مقبول	سئ
عضوي عالي اللدونة	OH	سئ جدا	سئ	سئ جدا الى سئ	سئ
خشب صخري نصف متف	Pt	سئ الى مقبول	غير مناسب	غير مناسب	غير مناسب

وتتميز ترب منطقة الدراسة باختلاف نسجتها ضمن مسافات قصيرة أفقيا وعموديا، كذلك تغايرت أصناف نسجة التربة ما بين متوسطة النسجة الى معتدلة النعومة متمثلة في النسجات المزيجية والمزيجية الطينية الغرينية، فقد تراوحت نسجات طبقات التربة في الأفق الأول من خشنة الى معتدلة الخشونة متمثلة بالنسجات الرملية والرملية المزيجة والمزيجة الرملية، والنسجات الدقيقة والناعمة متمثلة في النسجات الطينية الغرينية والطينية،اذ تبين ان أجزاء من منطقة الدراسة تربتها السطحية ذات نسجة طمى رملي الى طمى سئ التدرج مع طمى رملي، ويكون بعمق متفاوت ما بين (0 – 4,5م) في منطقة 7كم ، و(2م) في حي السكك،أما على عمق (1,5م) لكلّ من الطاش وشارع ميسلون والعزيزية (التل)وتقاطع الأوقاف والزنكورة،أما منطقة السينما على عمق (0– 10,5م)، في حين كان في كل من حيّ التقدم وجسر الصوفية والقرية العصرية وحيّ المعلمين والملعب على عمق (3م)، كما هو ملاحظ في الجدول (8–5) تصنيف ترب منطقة الدراسة وفق نظام التصنيف الموحّد.

موقع العينة	الأعماق(م)		USCS	وصف التربة	موقع العين	الأعماق(م)		SCS	وصف التربة
	من	الى				من	الى		
الطاش	0	1.5	SM	طمى رملي	سوق الجزار	0	10,5	CL	طين ضعيف اللدون
	1.5	4,5	ML	طمى ضعيف اللدو		10,5	15	CH	طين عالي اللدونة
	4.5	10	CH	طين عالي اللدونة	العزيزية (التل	0	1,5	– SM	ل سئ التدرج الى طم
7كم	0	4.5	p– SM	ل سئ التدرج الى طم	السينما	0	4,5	– SM	ل سئ التدرج الى طم
	4.5	10	CL	طين ضعيف اللدون		4,5	10,5	SP	رمل سئ التدرج
						10,5	13,5	GC–	حصى طيني
5كم	0	4.5	ML	طمى ضعيف اللدو		13,5	30	CH	طين عالي اللدونة
	4.5	10	CH	طين عالي اللدونة	شارع المستو	0	3	ML	طمى ضعيف اللدو
حي السكك	0	2	p– SM	ل سئ التدرج الى طم		3	10	CL	طين ضعيف اللدون
	2	8.5	CL	طين ضعيف اللدون	حي الضباط	0	1,5	ML	طمى ضعيف اللدو
	8.5	10	CH	طين عالي اللدونة		1,5	6	SP	رمل سئ التدرج
تقاطع السراميا	0	1.5	ML	طمى ضعيف اللدو		6	8	GP	حصى سئ التدرج
التاميم	0	4,5	C–SM	طين رملي الى طمى	حي المعلمي	0	10	SP	رمل سئ التدرج
حي الصناعي ال	0	1.5	ML	طمى ضعيف اللدو	تقاطع الاوقا	0	0,8	– SM	ل سئ التدرج الى طم
	1.5	3	CH	طين عالي اللدونة		0,8	3,5	ML	طمى ضعيف اللدو
	3	5	SC	طين رملي		5,5	6	SP	رمل سئ التدرج
الورار	0	7.5	CL	طين ضعيف اللدون		7,5	12	GW	حصى جيد التدرج
	7.5	15	CH	طين عالي اللدونة		12	17	CL	طين ضعيف اللدون
الجمعية	0	3	ML	طمى ضعيف اللدو		17	21	MH	طمى عالي اللدونة
	3	7.5	CL	طين ضعيف اللدون		21	30	ML	طمى ضعيف اللدو
	7.5	10	CH	طين عالي اللدونة	حي التقدم	0	1,5	SP	رمل سئ التدرج
الحوز	0	10	ML	طمى ضعيف اللدو		1,5	3	SM	طمى رملي

شارع ميسلون	0	1,5	SM	طمى رملي		3	10	– SM	ل سئ التدرج الى طمى
	1,5	3	ML	طمى ضعيف	حي	0	2,5		طين رملي الى
				اللدونة				C–SM	طمى رملي
	3	6	CL	طين ضعيف اللدونة	الشركة	3	6,5	CL	طين ضعيف اللدون
	6	10	CH	طين عالي اللدونة		6,5	10	P–SC	ل سئ التدرج الى طين
الصوفية	0	1,5	ML	طمى ضعيف اللدو	الزنكورة	0	1,5	SM	طمى رملي
	1,5	4,5	P–SM	ل سئ التدرج الى طمى		1,5	10	ML	طمى ضعيف اللدو
	4,5	7,5	SM	طمى رملي	الطرابشة	0	3	ML	طمى ضعيف اللدو
	7,5	10	P–SM	ل سئ التدرج الى طمى	زويةالبوفراج	0	1,5	ML	طمى ضعيف اللدو
جسر الصوفية	0	6	P–SM	ل سئ التدرج الى طمى		1,7	7,5	P–SM	ل سئ التدرج الى طمى
	6	35	SP	رمل سئ التدرج		7,5	15	SP	رمل سئ التدرج
الملعب	0	3	SM	طمى رملي		15	20	CL	طين ضعيف اللدون
	3	10	CL	طين ضعيف اللدون	الطالعة	0	1,5	MH	طمى عالي اللدونة
الدوار	0	3	ML	طمى ضعيف اللدو	البوذياب	0	1,5	MH	طمى عالي اللدونة
قرية العصرية	0	3	SM	طمى رملي	الصهالات	0	1,5	SC	طين رملي
	3	15	P–SM	ل سئ التدرج الى طمى	الحامضية	0	1,5	MH	طمى عالي اللدونة
طوي	0	3	CH	طين عالي اللدونة	البوعبيد	0	1,5	ML	طمى ضعيف اللدو

المصدر : المكتب الاستشاري الهندسي جامعة الانبار، تقارير تحريات التربة في مدينة الرمادي

أما الأجزاء الأخرى من منطقة الدراسة فكانت ذات نسجة طين رملي بعمق (0 – 1,5 م)، كما في حيّ الضباط والصهالات، ونسجه طين رملي مع طمى رملي في كل من حي الشركة والتأميم، ونسجه طين ضعيف اللدونة التي تتفاوت في الأعماق في كل من حي الصناعي الغربي والبوعبيد والورار وسوق الجزارين، ونسجة طمى ضعيف اللدونة لكلّ من تقاطع السيراميك وشارع المستودع والجمعية.

إما الأفق الثاني في بعض أجزاء منطقة الدراسة فتكون ذات نسجة من طمى ضعيف اللدونة وبعمق (1,5–4,5م) في منطقة الطاش و(1,5–3 م) في شارع ميسلون، وبعمق (0,8 – 3,5 م)في تقاطع الأوقاف، وذات نسجة طين ضعيف اللدونة،و(4,5–10م) في 7كم، و(3 – 7,5 م)في الجمعية،و(2–8,5م) في حي السكك، و(3– 10 م) في الملعب، وبعمق (3– 6,5 م) في حي الشركة، و(3–10 م) في شارع المستودع.

إما الأفق الأخير لجميع المناطق السالفة الذكر ذات نسجة طينية عالية اللدونة باستثناء حي التقدم وحي الشركة والصوفية وجسر الصوفية وقرية العصرية وحي الصناعي الغربي التي تكون ذات نسجة طمى رملي الى رمل سئ التدرج مع طمى رملي .

يعزى التغاير العمودي في صنف النسجة الذي يعود بالأساس الى عشوائية الفيضانات النهرية من حيثزيادة التصريف والحمولة من المفصولات أدى الى وجود عشوائية العمودية في الترب الرسوبية، وعمليات الحراثة واستغلال الأرض،

وعمليات التسوية للأراضي وشق القنوات والمبازل وما يصاحبها في حصول عشوائية أخرى لطبيعة الترسيب العشوائي الأصل.

ويتّضح ممّا تقدّم أن دراسة نسجة التربة من الأمور المهمة قبل البدء في تخطيط وتصميم أي منشأ ,فكثير من الصفات الهندسية لها علاقة مباشرة بالنسجة، فالترب الطينية ذات لدونة عالية لها القابلية على الانكماش والانتفاخ والانضغاط على عكس الترب الرملية التى تكون منعدمة فيها .

وهذا النوع من الترب غير متماسك، إذ أنَّ مقاومة هذا النوع من التربة يرجع الى الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات، فعند تخطيط المشاريع التي تحتاج الى عمليات الحفر مثل تنفيذ شبكه إسالة توزيع المياه أو شبكة مجاري الصرف الصحي، والتي ستواجه مشاكل كثيرة مثل الانهيار في الترب الرملية والترب الطينية عالية اللدونه.

المبحث الثالث-الخصائص الفيزيائية للتربة واثرها على تخطيط المشاريع الهندسية

اولا- مسامية التربة:

وهي نسبة حجم الفراغات الموجودة في التربة الى الحجم الكلي لها، وهى على علاقة مباشرة بالتركيب الحبيبي للتربة من حيث الحجم والشكل والترتيب،اذ تتمتع التربة بكثافة أعلى كلما كانت المسام والفراغات بين الحبيبات مشغولة بحبيبات صغيرة، وبناءا عليه فإنّ نسبة المسام تكون مختلفة باختلاف حجم وتوزيع الحبيبات المكّونة لها.

وتتكون أعلى نسبة من المسامية في الترب الناعمة والمتجانسة وتقل نسبتها مع تزايد حجم الحبيبات، اذ تبلغ نسبة المسامية في الحصى (35%) وترتفع مع زيادة نعومة الحبيبات لتبلغ في الرمال المتوسطة (39%) وفي الترب الطينية (45%) وفي الغرين (50.47%) وترتفع نسبة المسامية في الصلصال الى (52%).

ويتّضح أن مسامية الترب في منطقة الدراسة متغيرة في قيمها بالاتجاه الأفقي بين المواقع وبالاتجاه العمودي ضمن أعماق طبقة التربة، اذ سجلت نسبة المسامية بين (40.35%) في كل من الطاش ,و5كم على عمق (0-4.5م)، وتقاطع السيراميك ,والحي الصناعي الغربي على عمق (1.5م)، والجمعية والحوز وشارع ميسلون وشارع المستودع وتقاطع الأوقاف والملعب والقرية العصرية على عمق(3م)، اما في حي التقدّم على عمق (1.5-3م)، وزنكوره والطرابشه فتمثلت نسجة هذه المواقع بارتفاع نسبة الطمى الرملي، ويعدّ الطمى ضعيف اللدونة، بينما تراوحت نسبة المسامية (30-40%)،والتى تكون ذات نسجه طين عالية اللدونة وصلبة القوام، فى كل من الطاش و5كم على عمق(4.5-10م)، وحى السكك وطوي على عمق (8.5- 10م)، اما نسبة المسامية (25-32%) التي تمثل نسجه رمل سئ التدرج مع طمى رملى ذات كثافة عاليه في كل من 7كم

والسينما على عمق (0-4.5)م، وحى السكك على عمق (0-2 م)، وحى المعلمين وتقاطع الأوقاف على عمق (3م)، وحى التقدم على عمق (1.5م) ووالصوفية على عمق (1.5-4.5 م)، وقرية العصرية على عمق (3-15 م)، وتراوحت نسبه المسامية بين (40-55%)،وفي كل من حي الصناعي الغربي على عمق (1.5-3 م)،والجمعية على عمق (7.5-10 م).

أنّ نسبة المسامية للطبقة السطحية لمنطقة الدراسة تراوحت بين (25-55%)، ويعزى ذلك الى نوع استعمال الأرض وتأثير العمليات الزراعية ودور المادة العضوية في خفض الكثافة الظاهرية، وبالتالي زيادة مسامية التربة والتى بلغت (44.5%) في الطالعة و(43,25%) في البوذياب و(45%) في البوفراج و(47,75%) في الصهالات و(44%) في الحامضية و(42,5) في البوعبيد و(46,75%) في سطيح و(43,25%) في السجارية.

وتعد مسامية الطبقة السطحية أعلى من مسامية الطبقة تحت السطحية والسبب في ذلك يعود الى وجود المادة العضوية في الطبقة السطحية التي لها تأثير كبير في زيادة حجم مسامية التربة، وكذلك الجذور والإحياء الدقيقة التي تعيش في التربة تعمل على فتح منافذ او مسامات لها فيها، وعكس ذلك يحدث في الطبقة تحت السطحية، إضافة الى ذلك فإنّ حجم المسامات يتأثر بعمق التربة، فالتربة العميقة يكون حجم مساماتها قليلا بسبب تماسك الحبيبات مع بعضها،ويشغل المسامات اما الماء اوالهواء او كليهما، فعند تسليط الأحمال الخارجية للمنشأت كالأبنية وما شابة ذلك، فعند تعرّض المنطقة الى ضغوط ناتجة عن التحميل يؤدي ذلك الى انضغاط الطبقات الأرضية وفقا لطبقة تكوينها (طينية او خليطا) وعندها يرتفع ضغط ماء المسام في حدود المنطقة المؤثر عليها فيصحب ذلك تلاشٍ ضغط ماء المسام لتسرب الماء المضغوط الى مناطق مجاورة، ولاسيما بالاتجاه الموازي لاتجاه تسليط الضغط (العمودي)، وكنتيجة لهذه التأثيرات تأخذ التربة بالانضغاط،وهي قابلية التقلص الحجمي للتربة الجافة او المشبعة جزئيا، ويتم ذلك في وقت قصير نظرا لسهولة طرد الهواء والماء من مسام التربة،وخاصة الترب الرملية، في حين أنَّ التربة الطينية تستغرق وقتا أطول في طرد الماء والهواء في مسام التربة، ويتسبب عنه الانضمام، فإذا كان مقدار الانضمام كبيرا فذلك يسبب هبوط المنشآت عند سطح التربة.

ثانيا-نفاذية التربة

وتعني سرعة حركة السوائل خلال أنواع التربة، وهي من الصفات الفيزيائية المهمة للتربة التي ترتبط بخصائص التربة الأخرى كالنسجة والتركيب والمسامية وغيرها،فالتربة الخشنة مثل الركام والرمل عالية النفاذية، أما الطين والتربة الناعمة التدرج تقريبا عديمة النفاذية،والجدول (8-6)يبين سرعة النفاذية حسب أنواع الترب.

صنف نفاذية التربة	سرعة الماء (سم/ساعة)	نوع التربة
نفاذية عالية جدا	25	حصى ناعم
نفاذية عالية	25 – 12,5	حصى متوسط– رمل خشن
متوسطة النفاذية	12,5 –6,25	رمل ناعم
المعتدلة	6,25 – 2	رمل غريني
المعتدلة البطيئة	2 – 0,50	غرين ورمل طيني
البطيئة	0,50 – 0,25	تربة طينية
بطيئة جدا	أقل من 0,125	طين

وقد سجلت قيم سرعة النفاذية في التربة السطحية لمدينة الرمادي بين (6,25 – 25)سم/ساعة،التي صنفت بين متوسطة النفاذية وعالية النفاذية لكلّ من 7كم وحي السكك والعزيزية (التل) والسينما وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وحي التقدم وجسر الصوفية، وصنفت تربة بعض أجزاء منطقة الدراسة ذات نفاذية معتدلة، إذ بلغت سرعة النفاذية بين (2 – 6,25)سم/ساعة، لكل من الطاش و 5كم تقاطع السيراميك وحي الصناعي الغربي وشارع ميسلون والملعب والقرية العصرية و زنكورة، في حين انخفضت سرعة النفاذية (0,50 – 2)سم/ساعة في كل من التأميم والجمعية والحوز وشارع المستودع والصوفية والدوار والطرابشة وزوية البوفراج، والطالعة والحامضية البوعبيد، في حين سجلت أدنى قيم سرعة النفاذية في تربة منطقة الدراسة التي صنفت ذات نفاذية بطيئة (0.125– 0.50) سم/ساعة لكل من الورار وسوق الجزارين وحي الضباط وحي الشركة وطُوي الصهالات، ان مدى سهولة حركة الماء بين حبيبات التربة بالاتجاهين الأفقي والعمودي او كليهما يمكن أن يعبّر عنه في الأعمال والمشاريع الهندسية الكبرى في أمثلة متعددة نورد بعضا منها إن أنواع التربة ذات النفاذية كبيرة تعدُّ ممتازة للتربة الحاملة للطريق، إذ أن التربة الخشنة تمتاز بالثبات سواء كانت جافة او مشبعة، اما التربة ذات النفاذية الواطئة قد تحمل مياها المتسربة، وينتج عن ذلك مشكلات ثبات خطيرة، إذ أنها توفر مصدرا للرطوبة الناتجة عن الخاصية الشعرية بسبب ارتفاع منسوب الماء الأرضي وانخفاضة مما يؤدى الى تلف الطرق .

ان قابلية انضمام التربة المتسّبب عن تسليط الأثقال الناتجة عن إنشاء المباني المختلفة تعتمد في الأساس على النفاذية، كلما كانت عالية كان معدل سرعة هبوط تلك المنشآت أسرع، اذ ان التربة الطينية ذات النفاذية الواطئة تحتاج الى مدة زمنية طويله جداً، وقد تستغرق عدة عقود من السنين لاستكمال انضمامها وهبوط المباني المنشأه عليها.

ومن التطبيقات الهندسية الأخرى التى تتعلق باستقرار المنشآت الأرضية السدود والجدران الساندة، والتي تعتمد على الخواص التربة الثابتة للتربة وعلى القوى الأخرى الناتجة عن حركة الماء في التربة،اذ له الأثر الكبير في المدة التى

تستغرقها لاستقرارها، وفي مدى صلاحيتها للعمل على المدى البعيد، وفي الكثير من الأحيان قد يسبب مرور الماء في باطن الارض إضرارا كبيرة نتيجة لتآكل جوانب القنوات التي يمر فيها،اوقد يساهم في ارتفاع الضغط المسامي بين حبيبات التربة.

ثالثا–وزن وحدة الحجم الجاف(Ydry)

يعرف وزن وحدة الحجم الجاف بأنة عبارة عن الوزن الجاف للتربة الى الحجم الكلي للتربة ،أي ان :

وزن وحده الجاف (Ydry) = الوزن الجاف للتربة / الحجم الكلي للتربة.

ويبين الجدول (8– 7) الكثافه الجافة لبعض انواع الترب في حالاتها المختلفة.

نوع التربة	حالة التربة	الكثافة الجافة (kN/m^3)
	مفككة	14–15
رمل ناعم متجانس	كثيفة	17–18
غرين خشن	مفككة	13–15
	كثيفة	16–17
غرين	رخو	13–15
	قليل اللدونة	16–21
	صلب	18–19
طين واطئ اللزوجة	رخو	13–14
	قليل اللدونة	15–18
	صلب	18–19
طين عالي اللزوجة	رخو	9–15
	قليل اللدونة	15–18
	صلب	18–20

المصدر : محمد عمر العشو , مبادئ ميكانيك التربة , مصدر سابق ,ص52.

وتتراوح قيم وزن وحدة الحجم الجاف بين ($14–21KN/M^3$) في منطقة الدراسة، اذ ان اوطأ قيمة لها ($14KN/M^3$) في عينة الدوار على عمق(1،5م) و($16,2\ KN/M^3$) على عمق (3 م) ، وأعلى قيمة لها ($21\ KN/M^3$) في عينة الطاش و5كم على عمق (1,5 م) و ($17\ KN/M^3$) على عمق (3–8 م).

وفي أجزاء الشمالية من منطقة الدراسة فبلغت قيم وحدة الحجم الجاف ($16\ KN/M^3$) في عينة زوية البوفراج على عمق (1,5 م) , و($18\ KN/M^3$) على عمق (1,5–6 م) , و ($19\ KN/M^3$) على عمق (7.5–10,5 م). وفي الطرابشة فبلغت ($16,85\ KN/M^3$) على عمق (1,5 م).

وفي أجزاء الغربية فبلغت قيم وزن وحدة حجم الجاف ($15,76\ KN/M^3$) في طوي على عمق (1,5 م)، وفي قرية العصرية فبلغت ($19\ KN/M^3$) على عمق (3 م)، و($20\ KN/M^3$) على عمق (6 م).

وفي الأجزاء الشرقية من منطقة الدراسة تراوحت قيم وزن وحدة الحجم الجاف في الصوفية ($18\ KN/M^3$) على عمق (0–6 م) و($20\ KN/M^3$) على عمق (6–10 م).

أما في الأجزاء الاخرى من منطقة الدراسة فبلغت ($18,1\ KN/M^3$) في عينة السينما على عمق (4,5 م)، و ($17,3\ KN/M^3$) على عمق (6–7,5 م) في عينة العزيزية (التل) وبلغت ($17\ KN/M^3$) على عمق (1,5 م) ،أما في التأميم ($15,59\ KN/M^3$) على عمق (1,5 م).

رابعا– نسبة الفراغات

تعرف نسبة الفراغ بأنها نسبة حجم الفراغ في نموذج التربة الى حجم المادة الصلبة، ويعبر عن نسبة الفراغ بعدد عشري دائما ويمكن أن تكون قيمتها أحيانا أكبر من (1)،وتستعمل نسبة الفراغ للتعبير عن مختلف الخواص الفيزيائية كدالة لكثافة التربة وقابلية التربة على الهبوط عند تسليط الأحمال عليها.[5]

والتي تعطي فكرة عن حالة التربة في الموقع أو الحقل قبل تسليط الأثقال، لأنّ الأنضغاطية والانضمام في التربة تعتمد على نسبة الفراغات ونوعية التربة وكمية الماء والهواء فى الفراغات ونفاذية ومسامية التربة،فعندما تتعرض التربة الى أحمال انضغاطية فإنّ حجم التربة يصغر بسبب التغير النسبي في موقع الحبيبات، مما يؤدى الى تقليل حجم الفراغات، عندما تكون الفراغات مملوءة بالهواء فقط فإنّ الانضغاطية فى التربة تحدث بصورة سريعة لأنَّ الهواء له القابلية على الانضغاط او الخروج من الفراغات، وعندما تكون التربة مشبعة بالماء الذى هو غير قابل للانضغاط فإنَّ النقصان فى حجم التربة عند تسليط الضغط عليها يتم بطرد الماء من الفراغات.

إنَّ عملية الانضمام والهبوط في التربة تسبب مشاكل كثيرة للمنشآت، سواء كانت بنائية او هيدروليكية او فى عمليه رصف وتبليط الطرق، وقد أعطى (Holtz) بعض القيم النموذجية لنسبة الفراغ ،ففي الرمل تتراوح نسبة الفراغ بين (1– 0.4)،أما القيم القياسية للطين فهى بين (0.3–1.5)،ويمكن الحصول على قيم أعلى من ذلك في الترب العضوية.[6]

وتتراوح قيم نسبة الفراغات للترب في منطقة الدراسة بين (0,54–0,67) في كل من الطاش و5كم والصوفية على عمق (4,5)م، وتقاطع السيراميك وحي الصناعي الغربي على عمق (1,5 م)،والجمعية والقرية العصرية على عمق (3م)، والحوز والبوعبيد التي تكون ذات نسجة طمى رملي مع طمى ضعيف اللدونة.

أما في الأجزاء الأخرى فتراوحت نسبة الفراغات بين (0,33-0,47) لكل من 7كم على عمق (4,5 م)، وحي السكك على عمق (2م)، وحي الضباط على عمق (2-8 م)، وحي المعلمين ,والسينما ,وتقاطع الأوقاف التي تكون ذات نسجة رمل سئ التدرج مع طمى رملي.

بينما تراوحت نسبة الفراغات بين (0,43 -0,54) في كل من 7كم على عمق (4,5-10 م) وحي السكك على عمق (2-8,5 م)،والتي تكون ذات نسجة طينية ضعيفة اللدونة وصلبة القوام، بينما تراوحت نسبة الفراغات في نسجة طين عالي اللدونة ويابسة القوام بين (0,67-1,22) في العزيزية على عمق (10-15 م) وطوي، أما التربة صلبة القوام فتراوحت بين (0,43-0,67) في الطاش و5 كم وحي السكك على عمق (4,5-10 م)، وحي الصناعي الغربي على عمق (1,5-3 م) ، والورار على عمق (7,5-15 م) ، وتذبذب نسبة الفراغات مع العمق في الاجزاء ذات نسجة طين ضعيف اللدونة يابسة القوام بين (0,54-0,82) في الورار على عمق (7,5 م)، والجمعية على عمق (3-7,5 م)، وزوية البوفراج على عمق (1,5 م) والعزيزية والطرابشة، بينما تراوحت نسبة الفراغات بين (0,82- 1) في كل من الطالعة والبوذياب والحامضية .

خامسا-المحتوى الرطوبي للتربة (w.c%).

توجد الترب الناعمة في أحد ثلاث حالات تسمّى بحالات قوام التربة، وهي الحالة السائلة والحالة اللدنة والحالة الصلبة،والتي تعتمد على طبيعة عنصر الحبيبات والمحتوى المائي للتربة.

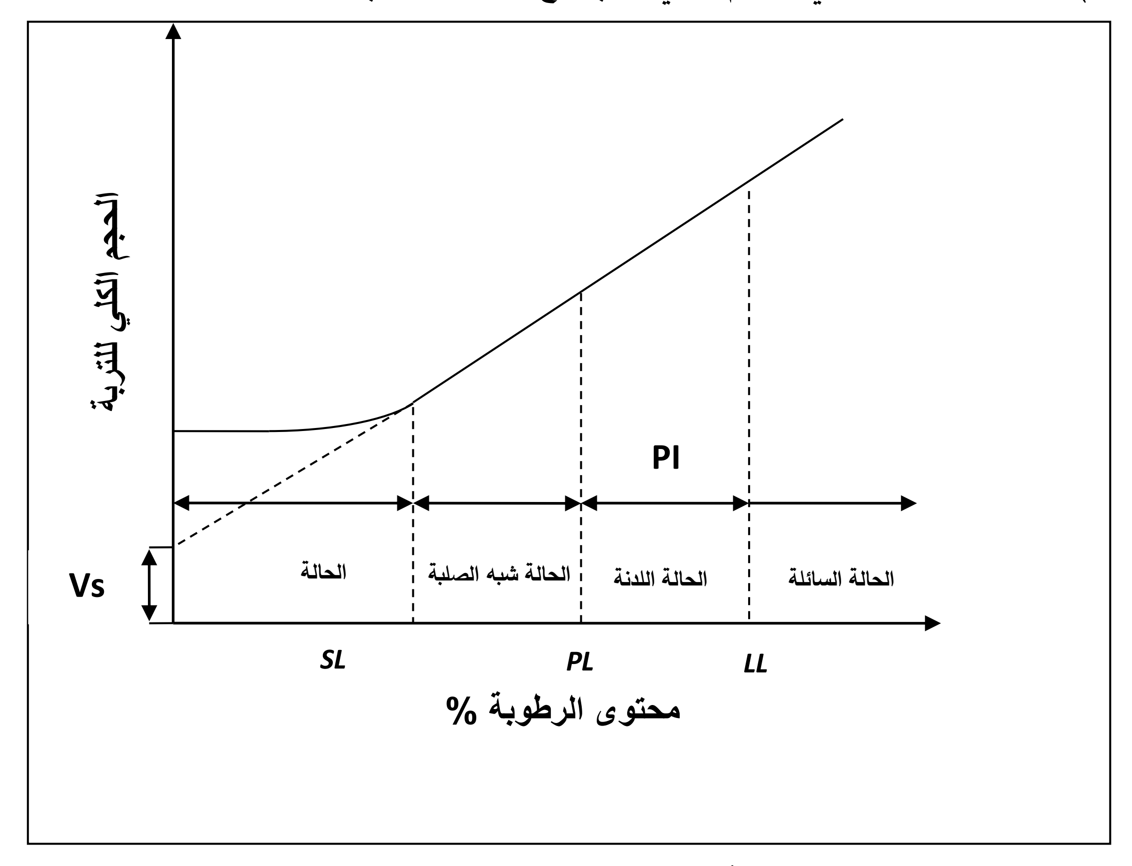
فإذا ارتفعت نسبة المحتوى الرطوبي في التربة الناعمة فإنها تصبح في حالة السيولة ولا تبدي أي مقاومة، فتصبح قوة التحمل بالقص صفرا، وعند انخفاض محتوى الرطوبي أقل من حدّ السيولة فإنّ التربةَ تبقى في حالة اللدونة،

وباستمرار النقص في محتوى الرطوبي أقل من حدّ اللدونة فإنّ التربة تمتلك خواص شبة الصلبة، وعند انخفاض محتوى الرطوبة أقل من حد الانكماش، فإنَّ التربة ستبقى جافة وقوية الى قوية جدا، كما يوضّح الشكل (8-1) مخطط يبين حالات التربة عند التغيرّ في المحتوى الرطوبي.



المصدر: مقداد حسين علي وأخرون, الجيولوجيا الهندسية , جامعة بغداد , 1991, ص51.

تتغير خواص كل أنواع التربة وخاصة الطينية بصورة ملحوظة مع محتوى الرطوبي الذي الناتج عن امتصاص الماء بين شرائح المعدن، فعلى سبيل المثال معدن المونتموريلونايت يمكن ان يصل انتفاخه الى (15%) من حجمه لفترة طويلة، في حين لا يزيد قابلية انتفاخ معدن الكاؤلينايت عن (10%) من حجمه،وان هذه الخاصية ذات أهمية كبيرة من الناحية الهندسية، فقد يسبب انتفاخ التربة في حدوث أضرار كبيرة في أرضية المنشأت وتبطين القنوات اوالمنشآت الخفيفة، إذ يظهر أنّ حجم التربة يزداد بتغير حالة التربة فيبدأ بحد الانكماش، ويلاحظ الازدياد التدريجي، والشكل(8-2) مخطط يبين التغير في الحجم الكلي للتربة مع محتوى الرطوبة.



المصدر :- مقداد حسين علي وأخرون, الجيولوجيا الهندسية , جامعة بغداد , 1991, ص52.

وشملت هذه الدراسة على المحتوى الرطوبي للتربة (W.c%) وحد السيولة (L.L) ودليل اللدونة (P.I) فقط لمنطقة الدراسة وذلك لقلة المعلومات المتوافرة عن حدّ الانكماش(SL).

وتعتمد قيمة المحتوى الرطوبي في التربة أساسا على نسجة التربة ومحتوى التربة من الطين،اذ أن معرفة رطوبة التربة ضرورية لتحقيق العمليات الكيميائية والفيزيائية والهندسية، من حيث التغييرات الحجمية في بعض أنواع الترب ويؤدي

تغير المحتوى الرطوبي الى توليد قوى داخلية تسبب عمليات الانتفاخ والانكماش ولاسيما في الترب الطينية،كما تؤثر الرطوبة في الترب الجبسية على إذابة وظهور الفجوات والفراغات والزيادة المفاجئة بالانضغاطية، وتؤثر على مقاومة القص لأنَّ الزيادة في المحتوى الرطوبي يقلل عدد الجسيمات في وحده الحجم، وبالتالي تتناقص قوة تماسكها، وكذلك تؤثر رطوبة التربة في عملية الرص (الحدل) كلما كانت نسبة الرطوبة قليلة فإنَّ التربة تبدي مقاومات كبيرة ضد الرص مما يؤدي الى صرف طاقة اكبر، فعند إضافة الماء الى التربة الجافة فإنّ حبيبات التربة تحاط بغلاف رقيق من الماء الممتص حولها يؤدي الى سهولة انزلاق الحبيبات على بعضها البعض، مما يحصل انضمام متقارب لحبيبات التربة وذلك بطرد الهواء من الفراغات، أما في حالة زيادة الرطوبة في التربة بكمية أكبر فتكون نتائج الرص غير مرغوب فيها،ان المحتوى المائي الأمثل في أنواع الترب عندما تصبح فيه التربة أعلى كثافة،اذ ان الرطوبة المثلى للتربة الرملية متجانسة الحبيبات وغير متجانسة هي (8–12%) والرطوبة المثلى لترب رملية غضارية هي (9–14%)،والتربة الطينية (16–22%)،والتربة الغضارية (12–16%).[7]

والجدول (8– 8) يوضح بعض خصائص الجيوتقنية لقضاء الرمادي

موقع العينة	الأعماق (م)		المحتوى الرطوبي (W.c%)	حد السيولة (L.L)	دليل اللدونة (P.L %)	ايون الكبريتات (So_3%)	الجبس
	من	الى					
الطاش	0	1.5	9.33	Non	Non	21.61	46.41
	4.5	6	45.92	55	30	11.77	25.31
	9	10	38.64	56	30	o.947	2.035
7كم	0	1.5	7	تربه جبسيا	تربه جبسيه	22.4	48.2
	4.5	6	11.50	28	8	6.76	14.55
	9	10	9.60	31	9		
5كم	0	1.5	45.30	Non	Non	17.11	36.7
	4.5	6	39.30	53	28	6	18
	9	10	33	50	23		
حي السكك	0	1.5	1.2	Non	Non	19.40	41.71
	4.5	6	29.6	43	23	2.22	4.77
	9	10	25	44	23	1.49	3.20
الورار	0	1.5	29.50	43	20	2.4	5.16
	4.5	6	29.50	36	13	2.33	5

5.32	2.48	34	55	31.90	10	9	
31.91	14.84	Non	Non	27.87	1.5	0	
27	12	17	45	26	6	4.5	الحوز
		20	49	29	10	9	
		Non	Non	9.71	1.5	0	
		21	48	28	6	4.5	شارع ميسلون
		29	53	26	10	9	
2.63	1.22	13	35	30.51	1.5	0	
2.71	1.26	24	28	28	6	4.5	سوق الجزائر
60	2.83	27	49	30	10	9	
8.73	4	NP	NP	15	1.5	0	
1.76	0.82	=	=	21	6	4.5	السينما
		=	=	12	10	9	
1.72	0.79	12	34	32.50	1.5	0	
		26	48	27	6	4.5	شارع المستودع
		26	48	34	10	9	
0.45	0.209	11	29	11	1.5	0	
0.096	0.045	Non	Non	20	6	4.5	حي الضباط
		Non	Non	10	10	9	
10	5	Non	Non	23	1.5	0	
2.82	1.3	Non	Non	22	6	4.5	حي المعلمين
		Non	Non	17	10	9	
10	4.62	12.25	37	16	1.5	0	
6.45	3	Non	Non	17	6	4.5	تقاطع الاوقاف
5.27	2	Non	Non	8	10	9	
1.121	0.521	Non	Non	8.12	1.5	0	حي التقدم
1.313	0.611	Non	Non	22	6	4.5	
–	–	Non	Non	22	10	9	
3	1.45	5.69	22.19	30	1.5	0	حي الشركة

	4.5	6	20	36.31	9	0.45	0.98
	9	10	17.67	41.35	22.56	–	–
الصوفية	0	1.5	34.44	43	17	0.79	1.7
	4.5	6	18.67	Non	Non	0.35	0.75
	9	10	18	Non	Non	–	–
جسر الصوفي	0	1.5	10	Non	Non	4	9
	4.5	6	27	Non	Non	1.9	4
	9	10	19	Non	Non	0.69	1.46
الملعب	0	1.5	12	Non	Non	13.67	29.5
	4.5	6	26	45	26	2.73	5.86
	9	10	27	Non	Non	–	–
قرية العصري	0	1.5	14	NP	NP	16.43	35.33
	4.5	6	9	NP	NP	4.33	9.30
	9	10	26	NP	NP	–	–
الزنكورة	0	1.5	35	Non	Non	11	24
	4.5	6	45	43	16	8.29	17
	9	10	35	40	13		
زوية البوفراج	0	1.5	28	42	28	0.83	1.78
	4.5	6	32	NP	NP	0.38	0.82
طوي	0	1.5	6.7	57	28	3	6.32
الطرابشة	0	1.5	16	36	6	8	17.26

المصدر : المكتب الاستشاري الهندسي جامعة الانبار ، تقارير تحريات التربة في مدينة الرمادي

إذ يتضح من الجدول بأنَّ قيم المحتوى الرطوبي في ترب منطقة الدراسة،فقد سجل أدنى محتوى رطوبي كمعدل (1,2%) في عينة حي السكك لعمق من (0-1,5 م) وذات نسجة رملية سيئة التدرج الى طمى رملي، ويعزى ذلك الى كون تربة هذه المنطقة ذات نفاذية عالية وقليلة الاحتفاظ بالماء، وغير لدنة والماء الجوفي بعيد من سطح الارض، ولا يمارس فيها اي نشاط اقتصادي ولاسيما الزراعي، على عكس المقاطعات التي توجد في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة التي سجلت قيم مرتفعة للمحتوى الرطوبي، وذلك بسبب نسجه تلك المناطق التي تشير الى زيادة نسبة الطين والغرين في التربة، والتي تمتلك نسبة عالية من المسامات البينية الدقيقة التي تؤدي الى زيادة قدرة التربة

على الاحتفاظ بالرطوبة، فضلا عن ممارسة النشاط الزراعي، مما يتطلب عمليات إرواء، والتي تزيد من رطوبة التربة واقتراب المياه الجوفية من السطح،إذ سجلت أعلى قيمة للمحتوى الرطوبي الذي بلغ (47%) لعمق بين (4,5-6 م) والتي تمتاز بنسجة طينية عالية اللدونة، في حين تراوحت نسبة المحتوى الرطوبي بين (1-10%)لعمق بين (0-1,5)م في كل من الطاش و 7كم وحي السكك وشارع ميسلون وحي التقدم،وطُوي التي تمتاز بأنها ذات نسجه بين طمى رملي الى رمل سئ التدرج مع طمى رملي، أما نسبة الرطوبة من (10-20%) في نفس العمق لكل من السينما وحي الضباط وتقاطع الأوقاف وجسر الصوفية والملعب والقرية العصرية والطرابشة،والتي تكون ذات نسجة طين رملي وطمى رملي باستثناء جسر الصوفية وتقاطع الأوقاف ذات نسجة رملية سئ التدرج مع طمى رملي ، ونسبة المحتوى الرطوبي (20-30%) في حي الورار والجمعية والحوز وحي المعلمين وحي الشركة وزوية البوفراج ،والتي تكون ذات نسجه طين ضعيف اللدونة وطمى ضعيف اللدونة باستثناء حي المعلمين ذات نسجه رمل سئ التدرج ، اما نسبة الرطوبة فهي (30-40%) في سوق الجزارين والصوفية وزنكورة التي كانت نسجه الطين ضعيفة اللدونة باستثناء زنكورة التي تكون ذات نسجة طمى رملي،في حين نسبة المحتوى الرطوبي (45,30%) في 5 كم .

اما نسبة المحتوى الرطوبي لجميع المناطق التي تراوحت بين (20-30%) لعمق (4,5-6)م ، باستثناء 7كم وتقاطع الأوقاف والصوفية والقرية العصرية التي بلغت نسبها اقل من (20%)، اما أكثر من (30%) فكانت في كل من الطاش و5كم والجمعية والزنكوره وبعض المقاطعات في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة.

ان ارتفاع نسبة محتوى الرطوبي في التربة لعمق (9-10 م) التي سجلت أعلى من النسب في الأفق الأول والأفق الثاني باستثناء كل من طاش و5كم و7كم والجمعية وشارع ميسلون والسينما وحي الضباط وحي المعلمين وحي الشركة وزنكورة وتقاطع الأوقاف،و الذي تكون نسبة الأفق الثاني أعلى من نسبة الأفق ألثالث من حيث محتوى الرطوبي.

مما تقدم يمكن القول ان التربة التي تحتوي على قدر كبير من الرطوبة يفوق معدل حد السيولة تصبح تربة لينة تسبب مشاكل كثيرة عند اقامة المشاريع الهندسية فوقها.

سادسا- حد السيولة .Liquid Limit (L.L)

هو محتوى الرطوبة الذي عنده تنتقل التربة من حالة السيولة ذات محتوى رطوبة أعلى وبدون مقاومة قص قابلة للقياس الى الحالة اللدونة، ويمكن قياس حد السيولة (L.L) باستخدام جهاز كاساغراندي، كما تختلف قيم حد السيولة باتجاهين الأفقي والعمودي من مكان الى أخر تبعا لاختلاف أنواع الترب، كما موضح في الجدول (8- 9) قيم حد السيولة للتربة.[8]

L.L, %	الوصف

واطئ جداً	< 20
واطئ	20 – 25
متوسط	25 – 30
عال	50 – 70
عال جدآ	70 – 90
بالغ العلو	> 90

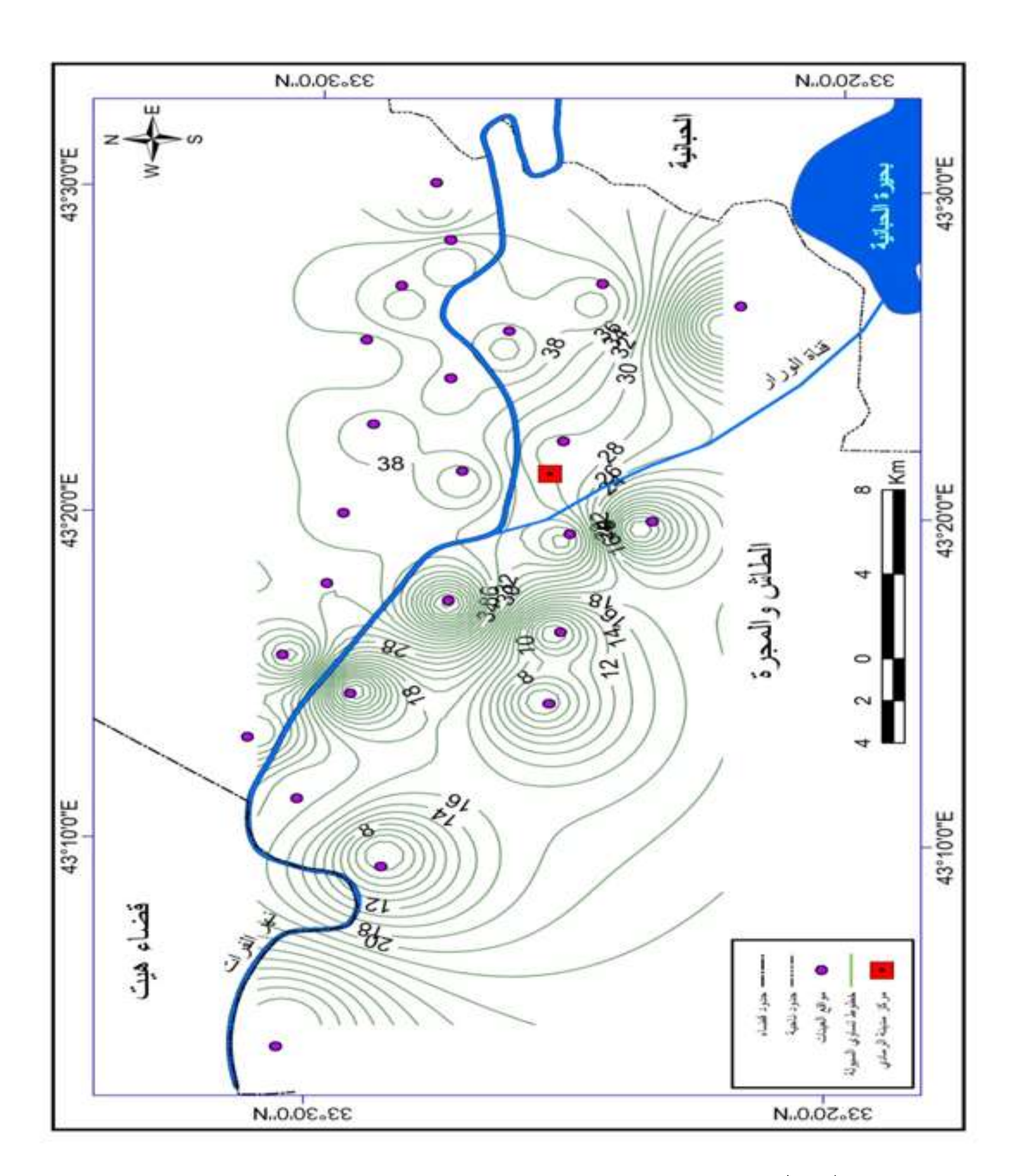
Kerbs, R. D.,& Walker, R. D.,1970,(High Way Material),1st. Edition, McGraw-Hill Book Inc. USA.

وتتراوح القيم المتوفرة لحدّ السيولة لتربة منطقة الدراسة بين (22,19–57%)، كما يوضّح الجدول (8– 8) السابق،إذ كانت القيمة الأوطأ لها (22.19%) في حي الشركة على عمق (1,5)م ،والحد الأعلى لها (57%) في منطقة الطوي ، و تتراوح قيم حد السيولة بين (40–57%)،والمتمثلة بالمناطق الطاش و5كم وحي السكك والورار باستثناء العمق (4,5–6 م) في عينة الورار التي كانت نسبة حدّ السيولة (36%)، والحوز وشارع ميسلون على عمق (4,5–10 م) وسوق الجزارين باستثناء العمق (4,5–6 م)،التي تكون نسبة حَدّ السيولة (28%)،وشارع المستودع والصوفية والملعب وزنكوره وزوية البوفراج وبعض الأجزاء من مقاطعات شمال منطقة الدراسة،وتتراوح قيم حَدّ السيولة بين (20–40%) في كل من 7كم وحي الضباط وتقاطع الأوقاف وحي الشركة والطرابشة والدوار.

وسجلت أعلى قيم حدّ السيولة لجميع المناطق عند عمق (9–10 م) (50%) باستثناء 5كم،اما عند العمق (4,5–6)م فسجلت قيمة حدّ السيولة (53%)،وفي حي الضباط وتقاطع الأوقاف وزنكوره

.أما في بعض الأجزاء الجنوبية من منطقه الدراسة التي تكون قيمة السيولة فيها منعدمة كون ترب تلك المناطق تمتاز بارتفاع نسبة محتوى الجبس في ترب تلك المناطق، وخاصة على عمق (0–1,5 م)، أما في حي المعلمين وحي التقدم والصوفية والقرية العصرية فتكون قيم حَدّ السيولة منخفضة،والتي تكون ذات نسجة طمى رملي الى رمل سئ التدرج مع طمى رملي.

والخريطة (8–2) تبين قيم اللدونة في منطقة الدراسة.



سابعا- دليل اللدونة .(P.I) Plastic Index

يوجد فرق بين حدّ اللدونة ودليل اللدونة، فحدّ اللدونة يعني المحتوى المائي الذي تنتقل التربة عنده من حالة اللدونة الى حالة شبة صلبة، أو يعرف بأنّهُ أقل محتوى مائي تكون عنده التربة لدنة.

أما دليل اللدونة فهو مدى المحتوى الذي تبقى فيه التربة في حالة اللدانة، أي أنّهُ الفرق بين أعلى وأوطأ نسبة للماء وتبقى ضمنها التربة في حالة اللدونة، وعليه فإنّ معامل اللدونة يساوي عدديا الفرق بين حد السيولة وحدّ اللدونة.[9]

PI= L.L _ P . L

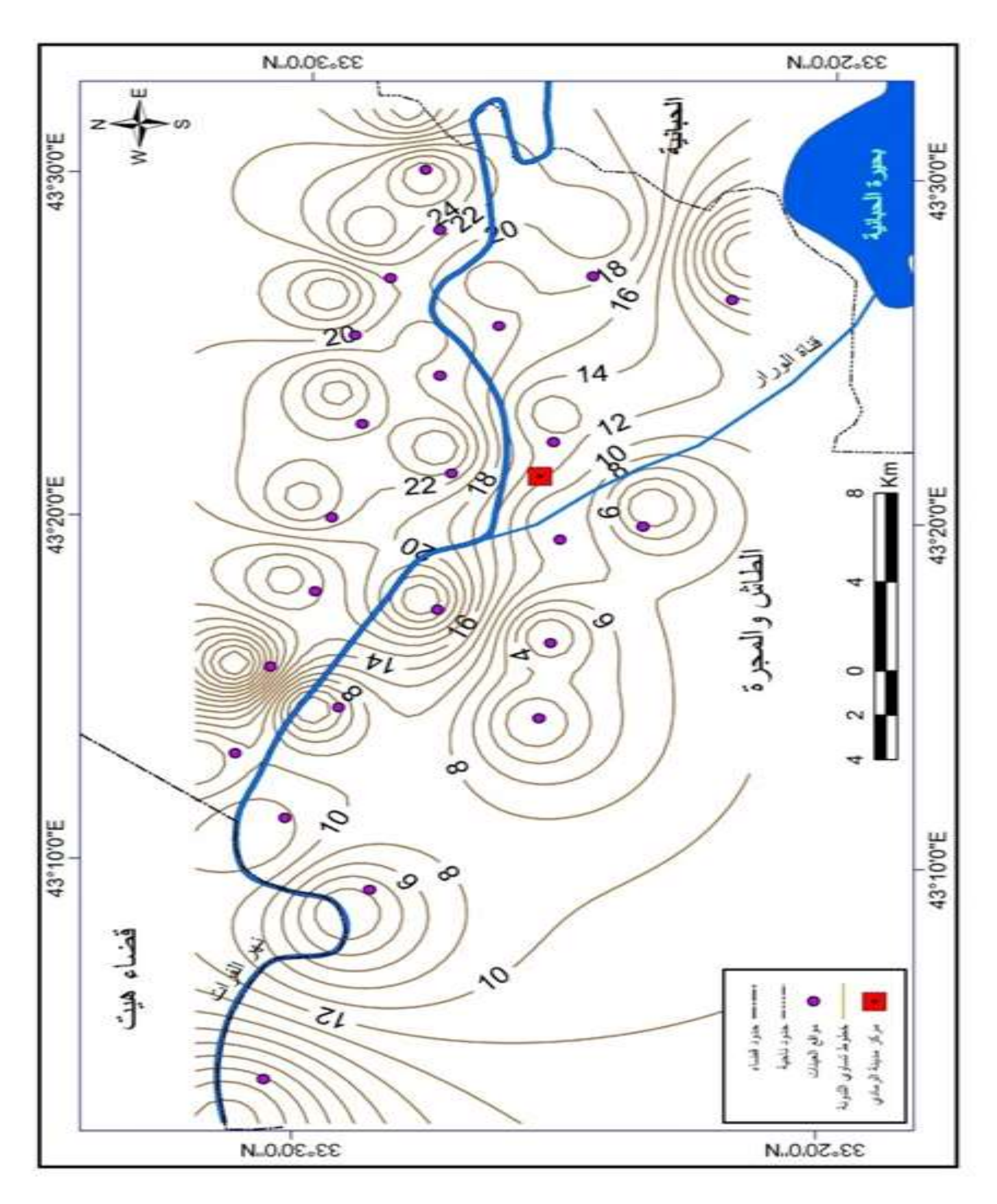
ويعدّ دليل اللدونة من الخواص المهمة للتربة، اذ يمكن تصنيفها تبعا لذلك كما مُبين في الجدول (8-10) .

وصف التربة	دليل اللدونة
تربة غير لدنة	صفر
تربة لدنة نوعا ما	5-1
تربة واطئة اللدونة	10-5
تربة متوسطة اللدونة	20-10
تربة عالية اللدونة	40-20
تربة ذات لدونة عالية جدا	اكثر من 50

المصدر: محمد عمر العشو، مبادئ ميكانيك التربة,مصدر سابق،ص73.

وتتراوح قيم دليل اللدونة في منطقة الدراسة بين (5،69 -34%)،إذ تكون أعلى قيمة لدليل اللدونة (34%) في عينة حي الورار وعلى عمق (9-10 م)،والتي تمتاز بكونها ذات نسجة طينية عالية اللدونة، في حين بلغت أوطأ قيمة لدليل اللدونة (5,69%) في عينة حي الشركة وعلى عمق(0-1,5 م) والتي تمتاز بنسجة رملية سيئة التدّرج مع طمى رملي، والتي تصنف ضمن التربة الواطئة اللدونة،وتتراوح القيم المتوفرة لدليل اللدونة بين(5-10%) في كل من 7كم وحي الشركة،والتي صنفت ذات تربة واطئة اللدونة،باستثناء عمق (9-10 م)،وفي عينة حي الشركة التي تصل قيمة دليل اللدونة (22,56%)،والتي صنفت ذات التربة عالية اللدونة، وفي بعض الأجزاء من منطقة الدراسة تراوحت القيم المتوفرة لدليل اللدونة بين (10- 20%) لكل من سوق الجزاري, وشارع المستودع وحي الضباط والصوفية على عمق(0- 1,5 م) والورار والحوز والجمعية على عمق (4,5-6 م)،والتي صنّفت بأنها ذات تربة متوسطة اللدونة، وتمتاز بعض الأجزاء ذات التربة غير اللدنة في كل من الطاش و7كم و5كم وحي السكك والجمعية والحوزوشارع ميسلون والملعب وزنكورة على عمق (1,5 م)،وفي حي المعلمين وحي التقدم وعينة جسر الصوفية والقرية العصرية،والتي تكون ذات نسجة طمى رملي الى رمل سئ التدرج مع طمى رملي، كما تمتاز بارتفاع نسبة محتوى الجبس في التربة بعض أجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة.

بينما تراوحت قيم دليل اللدونة بين (20-40%) في كل من الطاش و5كم وحي السكك وشارع المستودع وشارع ميسلون، عدا عمق (0-1,5 م)،والورار عدا عمق (4,5-6 م)،والجمعية على عمق (9-10 م)، والحوز وطوي وبعض الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة التي تمتاز بترب عالية اللدونة، ولاسيما في المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الطين، فإنَّ زيادة المحتوى الرطوبي بين حبيبات التربة مما يسبب في وجود الكثير من المشاكل في تخطيط وتصميم المشاريع الهندسية،كما توضّح الخريطة (8-3) تبين قيم اللدونة في منطقة الدراسة.



ثامنا–مستوى المياه الجوفية

تعد دراسة المياه الجوفية ذات أهمية كبيرة لما لها من تأثير على قابلية تحمل التربة، وبالتالي على عمق الأسس، فضلا عن تأثيرها على كثافة التربة والهبوط الذي يحدث في المنشآت، إن ارتفاع مناسيب المياه الجوفية يؤثر على عملية تنفيذ الأسس، فقد يتطلب الأمر تخفيض منسوبها، اذ تتأثر الأسس بقيم الرقم الهايدروجيني (PH) للمياه الجوفية، فالمياه الحامضية تسبب تآكل حديد التسليح وتؤثر الكبريتات الذائبة في المياه الجوفية على الخرسانة المطمورة في التربة أو الموجودة على سطح الارض، فتتفاعل مع الأسمنت مكونة كبريتات الكالسيوم غير الذائبة وسلفوالومينات الكالسيوم، وتبلور هذه المركّبات يصاحبه زيادة في الحجم الجزيئي مسبباً تفتت الخرسانة،إضافة الى ان

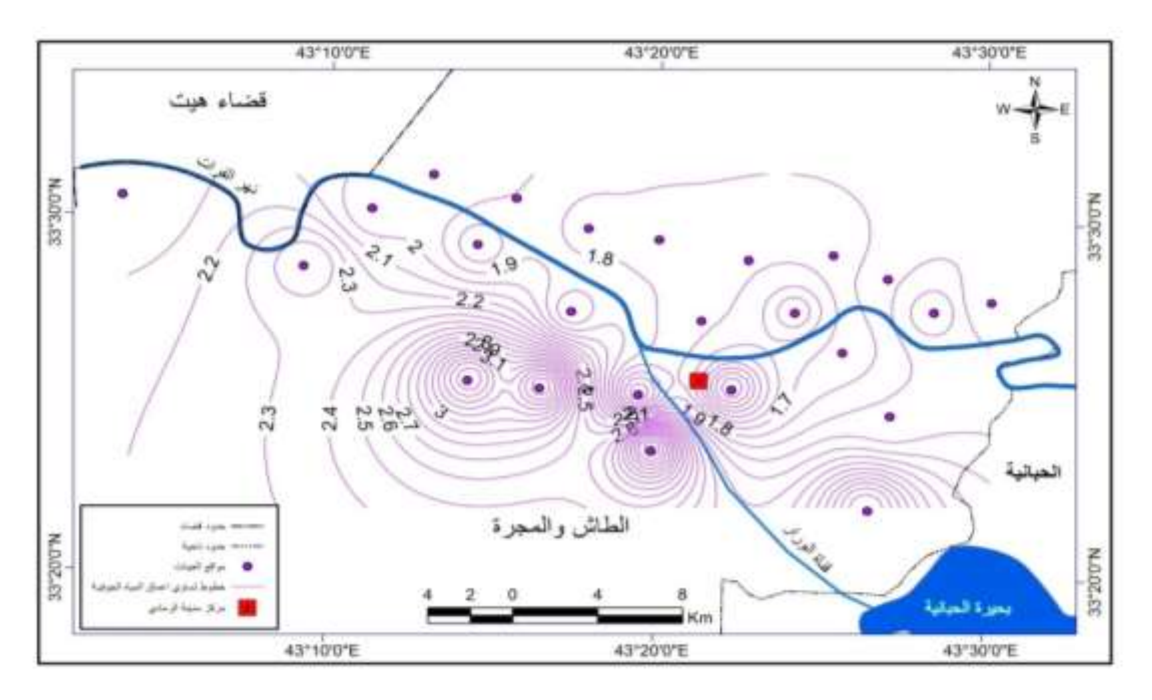
وجود المياه الجوفية في الترب الحاوية على نسبة من الجبس يسبب أضراراً للمنشآت المشيدة فوقها بسبب إذابة الجبس الموجود في التربة، وبالتالي حدوث هبوط يؤثر على أستقرارية المنشآت.

ومما تقدم يتضح مدى أهمية معرفة مناسيب المياه الجوفية في التربة لغرض وضع المعالجات المناسبة للمشاكل المتوقعة بسبب مناسيب المياه الجوفية.

وتتراوح مناسيب المياه الجوفية في مدينة الرمادي والتي تم قياسها في فترات مختلفة بين (0,5–3,6 م) تحت مستوى سطح الأرض الطبيعية، وأعلى منسوب للمياه الجوفية وأقربها الى السطح (0,50 م) في كل من القطانة والثيلة والورار وحي العادل وحي البكر، وبلغت(0,8 م) في العزيزية، واقل مستوى للمياه الجوفية وأبعدها عن سطح الأرض (3,6 م) في 18كم ،ويتراوح منسوب المياه الجوفية بين (1–2 م) من مستوى سطح الأرض الطبيعية في معظم أجزاء منطقة الدراسة، باستثناء 5 و7كم يكون مستوى المياه الجوفية على عمق (2,7)م، والحامضية على عمق (2,1 م) عن سطح الأرض، اما أجزاء القضاء التي تمتدّ في هضبتي الجزيرة والغربية لم تتوافر عنها معلومات كافية عن مناسيب المياه الجوفية، كما موضّح في الجدول (8– 11) والخريطة (8– 4) عمق المياه الجوفية عن سطح الارض (م).

موقع العينة	معدل العمق(م	موقع العينة	معدل العمق(م)	موقع العينة	معدل العمق(م)
18كم	3,6	الثيلة	0,5	زوية سطيح	1,2
7كم	2,7	الأندلس	2	البوعبيد	1,8
حي السكك	2	الجمهورية	1,2	الحامضية	2,1
حي 8شباط	1,5	حي المعلمين	1	الموح	1,9
حي 30تموز	2	حي العادل	0,5	الجريشة	1,7
التأميم	1,3	حي البكر	0,5	الصهالات	1,4
اليرموك	1	حي الشرطة	1,2	البوذياب	1,7
القادسية	1	الحوز	1,5	الطالعة	1,7
الورار	0,5	حي 14رمضان	1,5	البوعلي الجاسم	1,7
العزيزية	0,8	الملعب	1,5	البوعساف	1,9
القطانة	0,5	السورة والصوفية	1,7	الطوي	1,7
الشركة	1,6	مشيهد والدشة	1,9	الزنكورة	1,7

خريطة (8–4) عمق المياه الجوفية عن سطح الأرض في قضاء الرمادي(م)



المبحث الرابع-الخصائص الكيميائية للتربة:

اولا- انواع المعادن في التربة

1- معدن المنتمورولونايت

يعد هذا المعدن من المعادن الثلاثية الصفيحة، ويتكون من صفيحة الومينا ثمانية السطوح واقعة بين صفيحتين من السيليكا رباعية السطوح مكّونة طبقة واحدة او ما يسمّى بالخلية الوحدية .

ان ارتباط طبقات هذا المعدن يتم عن طريق أيونات موجبة قابلة للتبادل متواجدة بين صفائح السيليكا لطبقات المعدن فضلا عن قوى فاندروالز ، وبسبب ضعف هذا الارتباط فإنّ جزيئات الماء يمكنها أنْ تدخل بسهولة بين الطبقات مؤدية الى دفعها مسافة مكافئة الى طبقات جزيئة الماء ، فيحصل ما يعرف بالانتفاخ،والتي هي خاصية تتميز بها الترب الطينية الغنية بمعدن المنتمورولونايت، وتتميز هذه الترب أيضا بكونها ذات نفاذية واطئة جدا عندما تكون رطبة، فضلا عن لدونتها وفعاليتها العاليتين.[10]

ويمكن ملاحظة الجدول (8-4) المار الذكر ،اذ تكون أصناف النسجة لبعض الأجزاء من منطقة الدراسة ذات نسجة مزيجة طينية في كل من التأميم والورار والسورة والصوفية والحامضية وزوية البوفراج والصهالات والبوعساف، أما في الجمعية وحي التقدم والمشيهد والدشة والموح والبوذياب والطالعة والطوي والكطنية ذات نسجة مزيجة غرينية طينية.

2- كاربونات الكالسيوم

تعد كاربونات الكالسيوم أحد الأملاح واسعة الانتشار في مناطق الجافة وشبه الجافة،ويوجد في الجزء الصحراوي من منطقة الدراسة على نطاق واسع وهو مكّون أساسي للصخور الرسوبية والتربة الصحراوية .

أما في ترب كتوف النهر تراوحت قيم مكافيء الكاربونات بمدى (165,5-328 غم.كغم -1) وبمتوسط عام قدرة (240,01 غم.كغم-1)،وفي ترب حوض النهر فقد تراوحت قيم مكافيء الكاربونات الكلية بمدى (161-386,56 غم.كغم-1) تربة، وبمتوسط عام قدرة (267,34 غم.كغم-1) تربة، أي بزيادة قدرها بنسبة (27,33 غم.كغم-1) عن ترب كتف النهر، ويعزى سبب هذا التباين المكاني في نسب مكافيء الكاربونات بين ترب كتف النهر وحوض النهر،هو تأثير مناطق حوض النهر بالمنقولات من الأراضي الصحراوية المحيطة بوادي النهر، فضلا عن ما هو منقول من كاربونات الكالسيوم الذائبة عن طريق عمليات الري وتراكمها في منطقة الحوض.[11]

ويتكون هذا الملح من اتحاد ايون البيكاربونات مع ايون الكالسيوم لتكوين بيكاربونات الكالسيوم، وعند تعرّض هذا الملح للحرارة والجفاف يفقد جزء من ثاني أوكسيد الكاربون بشكل غاز مكونا كاربونات الكالسيوم، وتتصف بذوبانها البطيء في محلول التربة، إذ لا تزيد نسبة ذوبانة عن (3%) غم/لتر، وعند وجود نسبة أعلى من حامض الكاربونيك في المحلول فان درجة ذوبانة ترتفع الى نسبة (6- 14%) غم/لتر نتيجة تكون بيكاربونات الكالسيوم.[12]

كما توجد علاقة بين كاربونات الكالسيوم ومسامية التربة،إنّ وجود كاربونات الكالسيوم في التربة أدى الى زيادة الكثافة الظاهرية وانخفاض مسامية التربة الكلية، وللكالسيوم أهمية كبيرة في التربة التي تؤثر في المواد العضوية وتحويلها الى مواد دبالية يكون لها دور كبير في تحسين بنية التربة، وجميع هذه الخصائص تؤثر في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية.

وتتميز الترب العراقية باشتمالها على نسبة عالية من كاربونات الكالسيوم تتراوح بين (15-30 %) لكونها متكونة من مواد كلسية إضافة الى محدودية عملية الغسل، وان مصدر كاربونات الكالسيوم في التربة هو المادة الأم التي تكونت منها والتي تتمثل في أكثر الأحيان بالحجر الكلسي والمارل والصخور الطباشيرية، او يتكون من خلال تعاقب دورات الرطوبة والجفاف مع موسم جفاف طويل غير ملائم للغسل العميق، أما المصدر الآخر لتكون الكالسيوم هو الماء الأرضي الغني بالكالسيوم القريب من سطح الأرض والمعرّض لعملية التبخر.[13]والذي يضيف كميات من كاربونات الكالسيوم الى آفاق التربة .

3- النسبة المئوية لايون الكبريتات(SO_3)

تعد أملاح الكبريتات من أكثر الأملاح انتشاراً في التربة خصوصا املاح كبريتات الصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم، وتأتي أهمية ايون الكبريتات (so_3) من كونه يؤثر على الخرسانة من خلال التفاعل مع مركبات الاسمنت (الالمومينات) فينتج عن هذا التفاعل الذي يترتب عليه زيادة في حجم المكونات فتعمل على تمدد وتفتت الخرسانة.

ولغرض مقاومة تأثير أملاح الكبريتات الموجودة في التربة ينصح باستخدام اسمنت مقاوم للكبريتات واطلاء الأسس بطبقة من الإسفلت، كما يبين الجدول (8- 12) نسب الكبريتات في التربة وتصنيفها مع الاجراءات اللازمة لصناعة الخرسانة

الصنف	تركيز املاح الكبريتات محسوبة كنسبة (SO_3) في التربة من وزن الإسمنت	**نوع الإسمنت المستعمل**	اقل كمية إسمنت واجب استعمالها في الخلطة الخرسانية (Kg/m^3)	اعلى نسبة ماء/إسمنت في الخلطة الخرسانية (وزنا)
.1	اقل من (% 0.2)	بورتلاندي اعتيادي	280	0.55
.2	0.2 -0.5	معتدل مقاوم للاملاح	300	0.55
.3	0.5- 1	مقاوم للاملاح	330	0.50
.4	1 – 2	مقاوم للاملاح	370	0.45
.5	اكثر من (% 2)	مقاوم للاملاح مع تغطية الكتلة الخرسانية بطبقة من الاسفلت او الزجاج الليفي	370	0.40

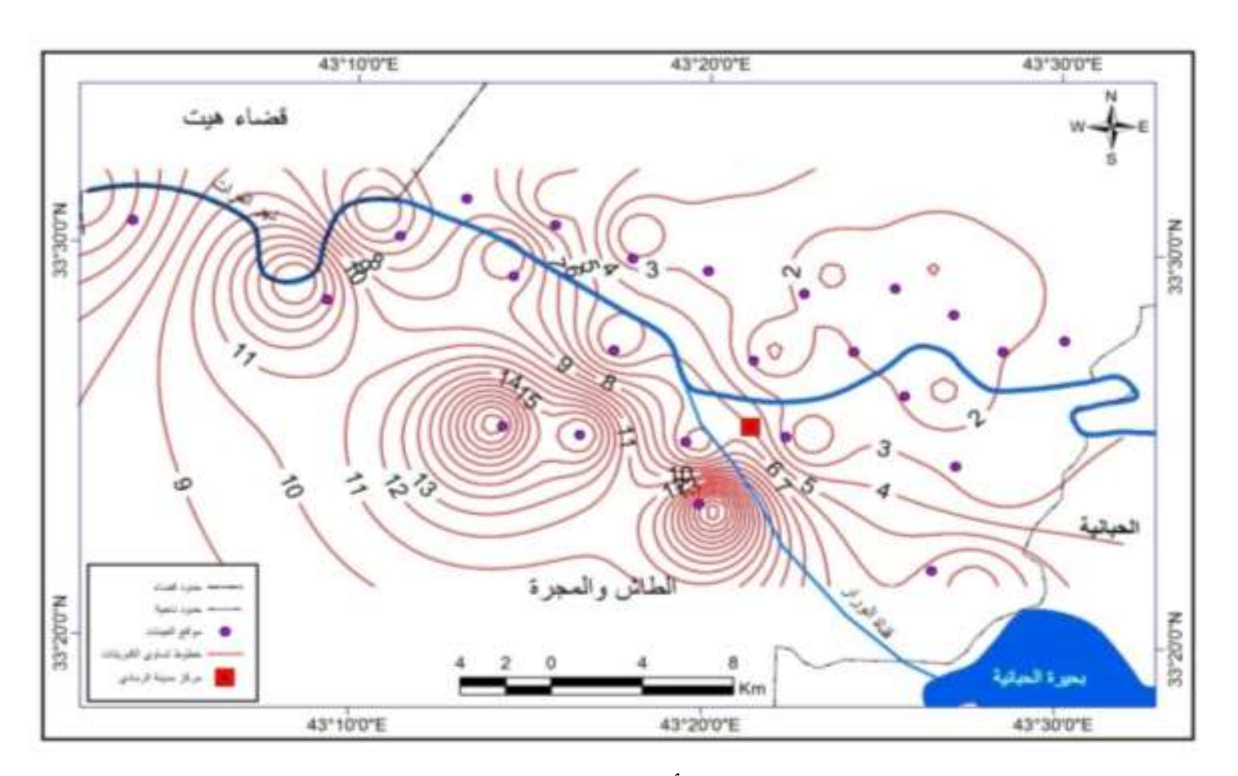
المصدر: نشرة شركة الأسمنت العراقية،الأسمنت المقاوم للأملاح، المؤسسة العامة للصناعات الإنشائية , 1972.

كما ان لأملاح الكبريتات القابلية على التفاعل مع اكاسيد الحديد فينتج عنها تآكل أنابيب شبكات المياه المدفونة في الأرض، وعليه يفضل عدم دفن الأنابيب في مثل تلك التكوينات،او تغليفها بمادة عازله تمنع تأثير الأملاح عليها.

ومن تحليل تربة منطقة الدراسة كما في الجدول (2–8) السابق وجد أنَّ نسبة ايون الكبريتات (SO_3) تتراوح ما بين (0,045–22,4)، إذ أقل نسبة(0,045%) في حي الضباط وعلى عمق (4,5–6 م)،في حين أعلى نسبة (22,4%) في عينة 7كم على عمق (1,5 م).

إنَّ المواصفات العراقية تشير الى أنَّ نسبة ايون الكبريتات الموجودة في التربة يجب أن لا تزيد عن (5%) كحدّ أعلى،وإنْ ازدادت هذه النسبة أصبحت التربة ذات تأثير كبير وغير مرغوب بها في تخطيط المشاريع الهندسية.

في حين تزداد نسبة ايون الكبريتات الى أكثر من (20%)في بعض أجزاء منطقة الدراسة كما في الطاش و7كم على عمق (1,5 م)،ان نسب الكبريتات في التربة وتصنيفها تتطلب اتخاذ الاجراءات اللازمة لصناعة الخرسانة، خريطة (8–5) تبين نسبة أيون الكبريتات لتربة مدينة



وتتناقص نسبة ايون الكبريتات مع العمق في جميع أجزاء منطقة الدراسة، وتراوحت ما بين(15−20%) في كل من 5كم وحي السكك والقرية العصرية والدوار على عمق (1,5 م) .

في حين تراوحت نسبة ايون الكبريتات بين (10−15%) في الطاش، وعلى عمق (4,5−6 م) ,والملعب وزنكورة على عمق (1,5 م) .

بينما سجلت نسبة ايون الكبريتات (5−10%) في كل من 5كم و7كم والدوار على عمق (4,5−6 م)،اما الجمعية وشارع ميسلون والطرابشة على عمق (1,5 م).

اما في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة يمكن ملاحظة ان نسبه ايون الكبريتات تتوزع بشكل متذبذب مع العمق اقل من (4%)،إذ بلغت النسبة(2,4%) في الورار والجمعية على عمق (4,5−6 م) و حي الشركة على عمق (1,5 م) وسوق الجزارين (2−1%)وتصل الى اقل من (1%) في كل من شارع المستودع وحي الضباط وحيّ التقدم والصوفية وزوية البوفراج وحي الشركة على عمق (4,5−6 م).

4−محتوى التربة من الجبس

الجبس هو ملح حامض الكبريتيك ورمزه الكيميائي ($caso_4.2H_2O$)، وهو من مجموعة المتبخرات، وتعدّ الترب الجبسية مصدرا لمشاكل كثيرة عند تعرضها للماء،اذ أنّ مادة الجبس تنحل وتذوب بالماء تاركة فراغات وتكهفات كبيرة تؤدي الى هبوط غير متجانس، وحدوث تشققات كبيرة وانهيارات متعددة في الأبنية المشيدة فوقها، فضلا عن أنها تولد

منافذ مائية تساعد على مرور كميات كبيرة من المياه نتيجة لذوبان الجبس مما يؤدي الى حدوث أضرار في المنشآت الهيدروليكية .

إن المواصفات العراقية للطرق والجسور تشير الى أنّ نسبة الجبس يجب أَنْ لا تزيد عن (10%) في مكونات القشرة الأرضية، و(5%) في مواد الطبقات ما تحت الأساس،وانْ لهذه المواصفات أيضا تأثير غير مرغوب به للترب الجبسية في اقامة السداد الترابية، ان وجود الأملاح الذائبة في التربة او ركام الطرق يؤدي الى أضرار فيها، ويزداد الضرر مع زيادة حجم المرور، وحسب سمك طبقات الطريق، يجب أن تكون نسبة الجبس أقل من (0,2%) كمحتوى للأملاح الذائبة لتجنب الإضرار في الطرق، أما التربة تحت الأساس يجب أن لا يحتوي على أكثر من (2%) من الأملاح الذائبة لضمان سلامة الطرق والجسور.

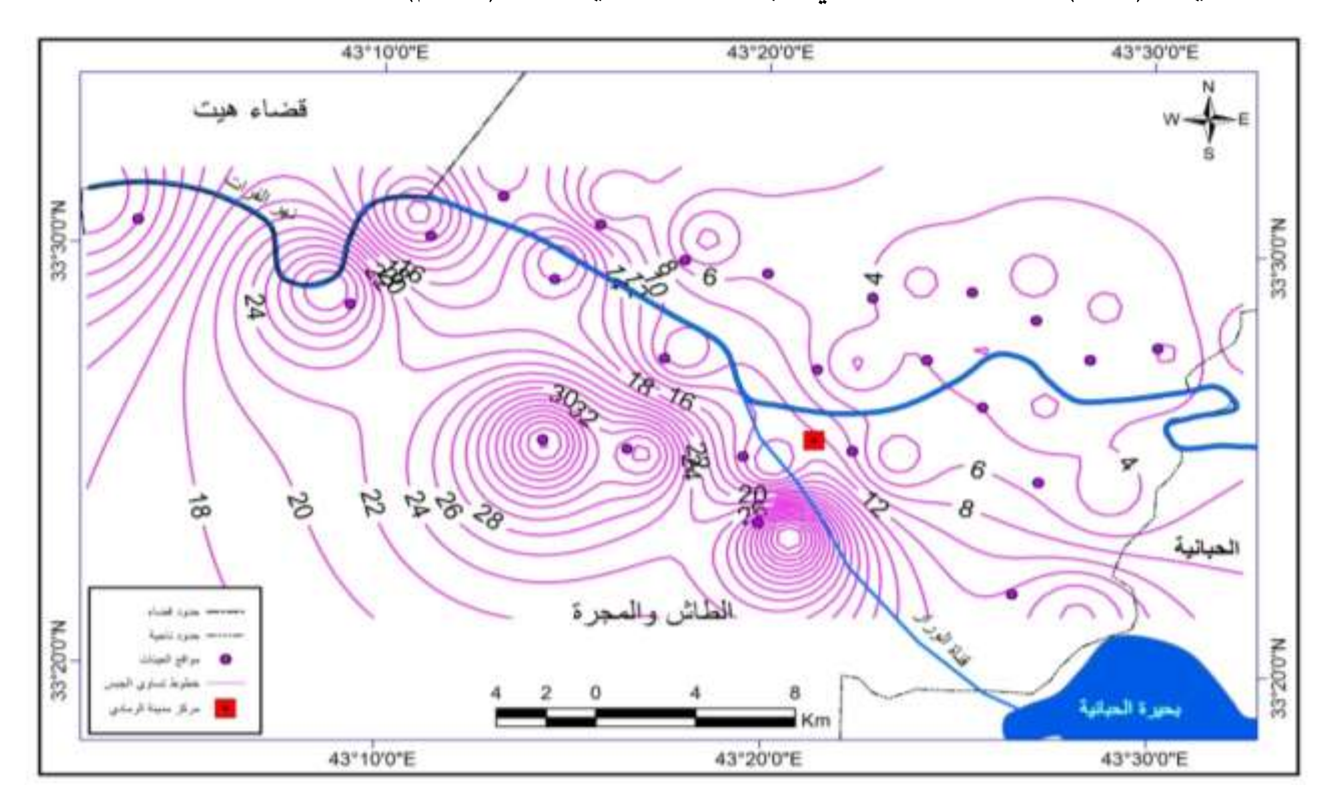
وتصنف الترب قليلة الجبسية التي تحتوي على (2%) أو أكثر، أما الترب الحاوية على أكثر من (50%) من الجبس فقد تعدُّ تربة جبسية، جدول (8–13) تصنيف الترب الجبسية.[14]

نسبة الجبس (%)	تصنيف التربة
0–0.3	تربة غير جبسية
0.3–3	تربة ذات محتوى جبسي قليل جداً
3.10	تربة ذات محتوى جبسي قليل
10–25	تربة ذات محتوى جبسي متوسط
25–50	تربة ذات محتوى جبسي عالي

Barazanji, "Gypsiferous soils of Iraq"Ph.D. Thesis, state University of Ghent, Belgium. A.F. (1973).P.29.

وتتباين نسبة الجبس في تربة منطقة الدراسة كما في الجدول (8–8) السابق، إذ سجلت أعلى نسبة لها في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة (48,2%) في عينة 7كم و(46,41%) في الطاش و(41,71%) في حي السكك و(36,78%) في 5كم على عمق (1,5 م) في حين تتناقص نسبة محتوى التربة من الجبس مع العمق. اذ بلغت (14,55%) و(25,31%) و(4,77%) و(18%) على التوالي عند عمق (4,5–6 م) ثم تقل لتصبح (2,035%) في الطاش و(3,20%) في حي السكك على عمق (9–10 م) ان ارتفاع نسبة الجبس في الطبقة السطحية من التربة ثم تبدأ بالانخفاض في الأفق الذي يليه يعزى ذلك الى طبيعة مادة الأصل المكونة لترب المنطقة بالدرجة الأولى،وعمليات الغسل المنخفضة نتيجة قلة سقوط الأمطار،إضافة الى ذلك ارتفاع الماء الأرضي بالخاصية الشعرية وحدوث عملية التبخر نتيجة ارتفاع درجات الحرارة التي تسبب تراكم كبريتات الكالسيوم الذائبة والصاعدة الى الأعلى مع الماء الأرضي، وعلى عكس الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة المتمثلة بالمقاطعات في ريف قضاء الرمادي التي

تمتاز بانخفاض نسبة الجبس فيها بنسب قليله جداً في الترب الرسوبية ولم يظهر نمطا متجانسا من حيث توزيعه مع العمق، خريطة (8-6) تبين نسبة الجبس في تربة مدينة الرمادي بعمق (1,5 م).



ويعزى ذلك بسبب انخفاض نسبة الجبس بفعل الاستغلال الزراعي وتعرض التربة للري المستمر ، والذي يسبب إذابة الجبس، فإنَّ وجود الجبس نتيجة عملية التملح من خلال ترسيب ايونات الكالسيوم والكبريتات.

بينما تراوحت نسبة الجبس اقل من (3%) في كل من شارع المستودع وحي الضباط وسوق الجزارين وحي الشركة والصوفية وحي التقدم، أما في زوية البوفراج فبلغت نسبة الجبس (1,78%) على عمق (1,5 م)، ثم تقل الى (0,82%) على عمق (4,5-6 م)،التي صنفت ضمن تربة ذات محتوى جبسي قليل جداً.

أما في بعض أجزاء منطقة الدراسة فقد تذبذبت نسبة الجبس بين (3-10%) على عمق (1,5 م) في كل من الورار وحي المعلمين والسينما وطوي، وتتناقص نسبة محتوى الجبس مع العمق، وقد بلغت نسبة الجبس (31,91%) في الحوز و(29,5%) في الملعب و(35,33%) في قرية العصرية و(33,84%) في الدوار على عمق (1,5 م)،والتي صنفت ضمن تربة ذات محتوى الجبسي عالي.

بينما تراوحت نسبة محتوى الجبس بين (10-25%) على عمق (1,5)م في كل من الجمعية،وشارع ميسلون وزنكوره والطرابشة التي صنفت ضمن تربة ذات محتوى جبسي متوسط.

5- محتوى التربة من المادة العضوية.

التربة العضوية من الترب الضعيفة التماسك والصلابة، لذا يكون تنفيذ المشاريع الهندسية فوقها مكلف جداً، وقد تكون المعالجات غير مجديه فينتج عنها مخاطر كبيرة، خاصة إذا كانت تحت الطبقات السطحية، اذ تتعرض الى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف، فيؤدي ذلك الى تصدّع وانهيار الأبنية والطرق.[13]

نتيجة للهبوط المستمر تحت أي أحمال سطحية نظراً لتصلبها من جهة وتحركها الجانبي اللدن الذي يساهم في هبوط التربة،اوبفعل تحلل المواد العضوية، فان جزءا من حجم التربة يفقد فيحدث هبوط من جهة أخرى، ومثل تلك الترب لا يصلح البناء عليها ويجب أزالتها واستبدالها بترب أفضل منها عند أقامه المشاريع الهندسية.

ومن المعروف أن المادة العضوية هي مخلفات نباتية وحيوانية تحللت وامتزجت مع التربة، ففي ترب منطقة الدراسة يوجد اختلاف في نسب المواد العضوية حسب نوع استعمال الأرض وكثافة الغطاء النباتي السائد،ان قضاء الرمادي يمتد ضمن جزء من الهضبة الغربية والسهل الرسوبي وهضبة الجزيرة، لذا يتركز الغطاء النباتي ضمن الجزء الواقع ضمن السهل الرسوبي،وهذا ينعكس على نسبة المواد العضوية في تربة منطقة الدراسة،لذا فإنّ الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من منطقة الدراسة تقل في تربتها المادة العضوية لوقوعها ضمن النطاق الصحراوي، الذي يعود أساسا الى الظروف المناخية السائدة في المنطقة والتي تساعد على حدوث عمليات الأكسده بسبب ارتفاع درجات الحرارة وقلة التساقط, أضافة الى الغطاء النباتي السائد في المنطقة، والذي يكون قليلا ومتمثلاً بالحشائش والأعشاب القصيرة تنمو في فصل الربيع عند سقوط الأمطار ، فضلا عن هذه المناطق التي تمتاز بارتفاع نسبة الجبس.

أما في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة المتمثلة في جميع المقاطعات التي تشكل تربتها جزءا من تربة السهل الرسوبي والتي استغلت معظم مساحتها في النشاط الزراعي وتربية الحيوانات،لذا ارتفعت نسبة المواد العضوية في تربتها بنسب متفاوتة بين مقاطعة وأخرى،وهذا لا يعني كل المقاطعات ترتفع فيها نسبة المادة العضوية فحسب بل تختلف نسب محتوى التربة من المادة العضوية من مكان الى آخر ضمن المقاطعة والواحدة،وعلى سبيل المثال فإنّ الأراضي غير مستغلة زراعياً شأنها شأن المناطق الجافة وشبه الجافة من حيث محتوى التربة من المادة العضوية، ويتركز ارتفاع نسبة المادة العضوية في ترب المناطق التي يمارس فيها النشاط الزراعي والمناطق المخصصة لحظائر تربية الحيوانات التي توجد فيها بقايا النباتات وفضلات الحيوانات ،وكذلك المناطق المستغلة بالبساتين الكثيفة وخاصة الاشجار النفضية كالتفاح والمشمش والرمان والتين وغيرها،اذ ترتفع فيها نسبة المادة العضوية مقارنة مع الأراضي المجاورة المزروعة بالمحاصيل الموسمية.

وتقل نسبة المادة العضوية مع العمق لجميع المناطق، فضلاً عن الأحياء التي تعيش في التربة والتي تعمل على اضافة مواد عضويه الى التربة ولكن بنسب قليلة مقارنة بما تضيفه النباتات،اذ تضيف تلك الأحياء مواد عضوية تزيد عن وزنها عشَرات المرّات بصورة مباشرة وغير مباشرة، ويتم ذلك من خلال قيامها بعمليات التنفس والحركة وإفراز

الفضلات والغازات والأملاح المعدنية والعضوية،كما تؤدى تلك الأحياء بنوعيها الفقريات واللافقريات وظائف متعددة منها تحليل المواد العضوية وتحويلها الى دبال، وأكسدة المواد العضوية وتحويلها الى عناصر معدنية.

ثانيا–الأملاح

تحتوي الترب على كميات من الأملاح وبدرجات متفاوتة ,ومن أنواع الأملاح هي أملاح كلوريدات وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم، وان كلوريدات الصوديوم هي الأملاح الأكثر وجودا في الترب، أما الكاربونات فتكون كربونات الكالسيوم بنسبة عالية من وزن التربة .

إنّ الترب الملحية في العراق تحمل تسميات محلية ذات دلالات معينة لها علاقة بمورفولوجية هذه الترب منها نوعية الأملاح الموجودة داخل التربة والمظهر الخارجي لكلّ نوع، وكذلك لون التربة الذي يعتمد على نوعية الأملاح الموجودة في تلك الترب، ومستوى الماء الجوفي لكلّ منها، وقد صنف (رسل 1957) أول من حاول تصنيف الترب الملحية العراقية حسب التسميات المحلية وهما[16].

1–ترب الشوره

وهي الترب التي تتصف بقشرة ملحية بيضاء اللون على سطحها جافة نوعا ما، ويعد كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم الأملاح الأساسية في تركيبها،اذ تتميز ترب الشورة باحتوائها على كمية عالية من ايونات الصوديوم والكلوريدات والكبريتات والكلس والجبس، وتكون قشرتها السطحية مفككة وهشة ومنتفخة تغوص فيها الأقدام عند السير على سطح تلك الترب، ويوجد مثل هذا النوع من الترب في منطقة الدراسة المتمثلة في كل من البوذياب والطالعة وزنكورة والقطنية والبوعساف والجريشة والحامضية، كما في الشكل (8–1) صورتان توضح ترب الشورة في منطقة الدراسة.



وهناك ثلاثة انواع من هذه الترب حسب تركيبها الملحي وهي:

أ- ترب شورة كبريتات الصوديوم : وتتكون قشرتها الملحية من دقائق الملح ذات الشكل الأُبري، فضلا عن أنها قشرة مفككة وهشة ومنتفخة.

ب- ترب شورة كبريتات المغنيسيوم : وتكون هذه الترب ذات قشرة ملحية بيضاء هشة ومفككة ومنتفخة.

ت- ترب شورة كلوريد الصوديوم: وتكون هذه الترب ذات قشرة ملحية بيضاء ومتماسكة.

وقد تنتشر هذه الأنواع من ترب الشورة بصورة متداخلة أو قريبة من بعضها اومختلطة معا، أي لا يمكن أن ايجاد نوعا معينا منها بشكل منفصل إلّا نادراً.

2-الترب السبخة

وهي الترب التي تتصف بارتفاع نسبة الأملاح في تركيبها ومنها أملاح الكلوريدات ونترات المغنيسيوم والكالسيوم، كما أنها تعرف برطوبتها التي أدت بها أن تصبح لزجة، وان هذه الرطوبة متأتية من رطوبة الجو فضلاً عن ارتفاع مناسيب المياه الجوفي في تلك الترب.[17]

ومن صفاتها أن يكون لونها بنيا غامقا ناتجا عن المادة العضوية المتجزئة التي تحويها تلك الترب.

ويعد الماء الجوفي من الملامح الرئيسة في تواجد ترب السبخة وانتشارها، والتي تكون على اتصال مباشر مع الماء الجوفي المالح معظم أيام السنة.

كما تحتوي على مركبات دبالية صودية توجد على شكل مواد ذائبة في الماء على مستوى الطبقات السطحية للتربة، ويكون صعودها عن طريق الماء الجوفي المرتفع بالخاصية الشعرية، كما في الصور (8-2) نماذج من الترب السبخة في منطقة الدراسة.



ويوجد هذا النوع من الترب في معظم أجزاء منطقة الدراسة المتمثلة في كل من زنكورة والقطنية والبوعساف والبوعلي الجاسم والبوذياب والطالعة وزوية البوفراج والجريشة والحامضية.

فضلا عن أن لعاملي الري والبزل تأثير فعّال في توزيع الترب الملحية من حيث مدى كفاءة عمل تلك المبازل، مما أدى الى ارتفاع مناسيب المياه فيها ولاسيما في ريف قضاء الرمادي، وبالنتيجة ارتفاع مستوى المياه الجوفية، مما ادى الى زيادة تراكم الأملاح بعد تبخر الماء من على سطح التربة صيفا،أما في فصل الشتاء فتصبح المبازل في وضع أسوء، إذ تعمل الأمطار وانخفاض درجات الحرارة التي تؤثر على قلة عملية التبخر الى زيادة المياه في المبازل وارتفاع منسوبها، فتوثر على الأراضي الممتدة على جانبيها، كما هو الحال في البوذياب والزنكورة ،والصورة (8-3) توضح ارتفاع مياه المبازل في ريف مدينة الرمادي.



ان نسبة الأملاح الموجودة في تربة منطقة الدراسة التي تتراوح بين (4-8) مليموز/سم في كل من العزيزية وتقاطع الأوقاف ومقاطعة مشيهد والدشة والبوعساف،وسجلت نسبة الملوحة في سوق الجزارين (1,8) مليموز/ سم على عمق (0-6 م) و(3,7) مليموز/ سم على عمق (9-10 م)، وسجلت نسبة الملوحة في حي الضباط (10,75) مليموز/ سم على عمق (1,5 م) و(3,24) مليموز/سم على عمق (4,5-6 م).

اذ شمل هذا النوع من الترب أغلب العينات في كل من السوره والصوفية والجريشة والزوية والبوذياب والبوعلي الجاسم والبوعبيد والموح والصهالات وتل الرعيان وطوي وزنكورة والطرابشة وحي الشركة، كما أن أغلب هذه الترب تكون ترب ملحية تختلف بتركيز أملاحها من مقاطعه الى أخرى وسجلت نسبة ملوحتها مابين (8-16) مليموز/ سم. في حين سجلت الملوحة في ترب بعض الأجزاء منطقة الدراسة نسبة تزيد عن (16) مليموز/ سم في عينة الطاش، أما في 7كم التي بلغت نسبة الأملاح (23,6) مليموز/ سم على عمق (1,5 م) وفي حي السكك بلغت (20,51) مليموز/سم،أما في القرية العصرية بلغت (23,86) مليموز/ سم على عمق (1,5 م) و(15,9) مليموز/ سم على عمق (4,5-6 م) والدوار سجلت نسبة الأملاح (16,3) مليموز/ سم.

و يعزى سبب التغاير الملحي في ترب منطقة الدراسة الى العوامل الطبيعية المتمثلة بالخصائص المناخية والطبوغرافية وطبيعة النسجة وعامل المياه الجوفية.

والعوامل البشرية متمثلة بعدم كفاءة مشاريع الري والبزل وسوء استخدام الموارد المائية (غير المقنن)،وعدم وجود شبكة مجاري شاملة للمدينة لتصريف مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار، وعدم الالتزام بنظام الدورة الزراعية.

المبحث الخامس- قابلية تحمل التربة

تعد من الخصائص الهندسية للترب التي تحدد قابلية تحمل التربة للأحمال المسلطة عليها، ومدى الهبوط الذي يحصل فيها،اذ تنتقل أثقال المنشآت كمحصلة نهائية الى التربة التي تحتها من خلال بعض أنواع الأسس، وبناءا على ذلك يتم تصميم الأسس بحيث تكون الاجهادات المتولدة في التربة ضمن قابلية تحملها.

أما اذا أجهدت التربة فوق طاقتها فقد يحصل الفشل بسبب القص مؤديا بالتربة الى الانزلاق من تحت المنشأ، وبالتالي الى فشل ذلك المنشأ،كما ان هناك عامل آخر يجب أخذه بالحسبان عند التصميم وهو ما يتعلق بالهبوط الذي يجب أن يكون ضمن الحدود المسموح به للمنشأ العلوي.

وتستعمل قيم (N) لتخمين الكثافة النسبية وزاوية الاحتكاك الداخلي وقابلية التحمل المسموح بها للترب عديمة التماسك،وهي تفيد قوام التربة التماسكية وتخمين مقاومة الانضغاط غير المحصور(qu) للترب التماسكية .

ويتم الحصول على قيم (N) من خلال فحص الاختراق القياسي (S.P.T) الذي بدأ العمل به منذ عام (1927)، وهو ربما من أكثر الفحوص الحقلية شيوعا،وينفذ هذا الفحص على أعماق مختلفة ويتم فيه دق ملعقة أخذ العينات القياسية لمسافة (46سم) في التربة عند قاع حفر الجسة، وتستخدم في الدق مطرقة وزنها (63,5)كغم تسقط تلقائيا من ارتفاع (76سم) ويحسب عدد الدقات لاختراق (30سم)،وان هذا العدد يسمى عدد الاختراق القياسي.[18]

ويبين الجدول (8-14) العلاقة بين عدد الضربات (N) وكثافة التربة (Y) والكثافة النسبية(D_r) وزاوية الاحتكاك الداخلي للترب عديمة التماسك (Φ°) ،ومن الجدير بالذكر عدم وجود كثافة نسبية (100%) او صفر K وتتراوح قيم الكثافة النسبية في الغالب بين (30-70%).[19]

(Φ°)	(D_r) %	(γ) kN/m³	توصيف التربة	N
26 – 28	0 – 15	11 – 13	مفككة جدا	0 – 5
29 – 34	16 – 35	14 – 16	مفككة	5 – 10
35 – 40	36 – 65	17 – 19	متوسطة	10 – 30
38– 45	66 – 85	20 – 21	كثيفة	30 – 50
> 45	> 85	> 21	كثيفة جدا	> 50

Budhu, M. 2000, (Soil Mechanics & Foundations), John Wiley & Sons.

وقوام التربة ومقاومة الأنضغاط غير المحصور) Nويبين الجدول (8−15)العلاقة بين عدد الضربات q_u[20].)

العلاقة بين (N) وقوام التربة و (q_u) للترب التماسكية

(N)	توصيف التربة	q_u **kN/m^2**
< 2	رخوة جدا	< 24
2 – 4	رخوة	24 – 48
4 – 8	متوسطة	48 – 96
8 – 15	قوية	96 – 192
15 – 30	قوية جدا	192 – 388
> 30	صلبة	> 388

Lambe , T. W. And Whitman , R. V., 1979, (Soil Mechanics), John Wiley And Sons , Inc., New York .

ويبين الجدول (8−16) قيم (N) في فحص الاختراق القياسي لترب منطقة الدراسة,ويتراوح عدد القيم 60(N_1) بين (5−105)،اذ أنّ القيمة الأوطأ لها (5) ضربة في عينة حي الشركة وعلى عمق (1,5 م) وتأخذ القيم 60(N_1) بلارتفاع وتصل الى (10) على عمق (4,5−6)م،و(48) على عمق (9−10)م.

الجدول (8−16) قيم (N) في فحص الاختراق القياسي لترب مدينة الرمادي

موقع العين	الأعماق (م		s.p.T		توصيف الت	موقع العين	الأعماق (م		s.p.T		توصيف الت
	من	الى	N	(N)60			من	الى	N	(N)60	
الطاش	0	1.5	50/13Cm	105	كثيف جد	حي الضبا	0	1.5	22	23	متوسط الكث
	4.5	6	82	61	صلب		4.5	6	48	40	كثيف
	9	10	87	52	صلب		9	10	50/15	68	كثيف جد
5كم	0	1.5	42	44	متيبسة ج	حي المعلم	0	1.5	20	21	متوسط الكث
	4.5	6	50/13cm	92	صلب		4.5	6	66	47	كثيف
	9	10	50/10cm	82	صلب		9	10	81	45	كثيف
الورار	0	1.5	7	7	متيبسة	حي التقد	0	1.5	19	22	كثيف
	4.5	6	56	48	متيبسة ج		4.5	6	19	22	كثيف
	9	10	70	48	صلبة		9	10	19	22	كثيف
الجمعية	0	1.5	18	19	متيبسة	حي الشرك	0	1.5	5	5	مفككة
	4.5	6	34	30	متيبسة ج		4.5	6	13	10	متيبسة
	9	10	50	41	متيبسة ج		9	10	96	48	كثيف جد

كثيفة	24	27	1.5	0	الصوفية	متيبسة ج	37	35	1.5	0	الحوز
متوسط الكث	12	19	6	4.5		متيبسة ج	54	58	6	4.5	
–	–	–	10	9		متيبسة ج	43	54	10	9	
كثيفة	39	37	1.5	0	الملعب	متيبسة	15	14	1.5	0	سوق الجزار
متيبسة ج	65	81	6	4.5		متيبسة ج	25	32	6	4.5	
متيبسة ج	42	62	10	9		متيبسة ج	32	38	10	9	
كثيف جد	92	100	1.5	0	قرية العصر	كثيفة	22	31	1.5	0	السينما
كثيف جد	64	100	6	4.5		كثيفة جد	62	100	6	4.5	
كثيف جد	48	100	10	9		كثيفة جد	52	100	10	9	
متيبسة	12	15	1.5	0	زوية البوفر	متيبسة	15	14	1.5	0	شارع المستو
متوسط الكث	13	19	6	4.5		متيبسة ج	86	50/14cm	6	4.5	
متوسط الكث	11	17	10	9		متيبسة ج	66	50/9cm	10	9	

المصدر : المكتب الاستشاري الهندسي جامعة الانبار، تقارير تحريات التربة في مدينة الرمادي.

ويعزى ذلك الى أنَّ الطبقة العليا للتربة تكون مفككة وعدم تعرضها للأحمال الخارجية المسلطة عليها مقارنة بأعماق تحت الطبقة العليا، إذ تنتقل أحمال الطبقة العليا الى طبقة التربة التي أسفلها على شكل إجهادات ينتج عنها إعادة ترتيب حبيبات التربة، بحيث تتقارب من بعضها البعض مما يؤدي الى تصلب التربة، وأعلى قيمة لها (105) في عينة الطاش وعلى عمق (1,5 م) ،وتأخذ القيم $(N_1)60$ بالانخفاض وتصل الى (61) على عمق (4,5–6 م) و(52) على عمق (9–10 م) أما في القرية العصرية فبلغت (92) على عمق (1,5 م) وتنخفض الى (64) على عمق (4,5–6 م) و(48) على عمق (9–10 م) ويعزى ارتفاع القيم في الطبقة العليا للترب الى ارتفاع نسبة محتوى الجبس، وتنخفض النسب مع العمق،,وتعد الترب الجبسية من أقوى أنواع الترب من حيث الصلابة لأنَّ معاملات القص تزداد بزيادة محتوى الجبس ولغاية (15%)، ثم تقل بعدها نتيجة لضعف روابط التماسك بين الترب الجبسية والطينية الغرينية،أما الترب الرملية فإنَّ زاوية الاحتكاك الداخلي لها تزداد بزيادة محتوى الجبس حتى نسبة مقدارها (25%)، وبعدها فإنَّ زاوية الاحتكاك الداخلي سوف تقل، وعند تعرض الترب ذات المحتوى الجبسي العالي الى المياه يسبب ذوباناً اوانحلال الروابط خاصة بالجبس وكاربونات الكالسيوم مما يؤدي الى نقص مفاجئ في المقاومة .

ويستخدم عدد الضربات (N) في حساب قابلية التحمل المسموح بها للترب، وإن معظم نظريات قابلية التحمل المستخدمة تعتمد على نظرية اللدونة،وسوف نتعرض هنا الى نظرية (Terzagni and Peck,1967) التي توصل الى وضع علاقة بين عدد الاختراق القياسي (N) وعرض الأساس (B) وعمق التأسيس (D_F)، كما في المعادلة التالية:

$$1-q_{(allowable)} = \frac{N}{0.08}\left(\frac{B+o.3}{B}\right)^2 (1+0.33\frac{D_f}{B})$$

$$2-C_{W=0.5+0.5\left(\frac{D_W}{D_{f+B}}\right)}$$

تحسب قيمة(C_W) من خلال علاقة بين مستوى المياه الجوفية(D_W)وعرض الأساس (B) وعمق التأسيس (D_F) يجب ان تكون قيمة (C_W)أقل او يساوي واحد.

قيمة المعادلة الاولى×1−قيمة المعادلة الثانية

$$4-\text{q(allowable)}na = \text{q(allowable)} - \gamma D_f$$

ثم نستخرج قيمة قابلية تحمل الترب في المعادلة الرابعة من خلال الفرق بين قيمة المعادلة الثالثة وبين الكثافة الجافة للترب مضروبا بعمق التأسيس.

وجاءت نتائج التطبيق على أساس قيم (S.P.T) وجد ان قابلية تحمل التربة هنا تتراوح بين (1638−70.7 KN/m^2) اذ ان القيمة الأوطأ لها (70.7 KN/m^2) في عينة حي الشركة على عمق (1,5 م) التي بلغت قيمتها (5)، إذ تتدرج من تربة مفككة الى متيبسة على (4,5−6 م) ثم الى كثيفة جدا على عمق (9−10 م)، وأعلى قيمة لها هي 1638) KN/m^2) في عينة الطاش التي بلغت قيمة N (93) عند عمق (1,5−3 م) إذ تكون قوية وذات مقاومة القص ضعيفة عندما تتعرض الى المياه نتيجة المحتوى الجبسي العالي، أما في عينة 5كم فبلغت قابلية التحمل (842.4 KN/m^2 على عمق (1,5 م)،اذ تزداد قيم قابلية تحمل التربة مع العمق في عينة الورار،إذ بلغت (96 KN/m^2) على عمق (1,5)، و(130.4 KN/m^2) في حي المعلمين، وفي شارع المستودع بلغت (227.3 KN/m^2)، وفي عينة الجمعية (279.16 KN/m^2)،وفي عينة السينما فبلغت (150 KN/m^2)، و(227.3 KN/m^2) في عينة سوق الجزارين، و(639.5 KN/m^2) في الحوز، و(385.9 KN/m^2) في حي الضباط، و(364.9 KN/m^2) في عينة حي التقدم،أما في الصوفية فبلغت قابلية تحمل التربة (416.6 KN/m^2)، وفي الملعب فبلغت (589.3 KN/m^2)

،أما في عينة زوية البوفراج فبلغت قيمة تحمل التربة ($188.4\ KN/m^2$)، وفي قرية العصرية ($1763\ KN/m^2$)، و($150\ KN/m^2$) في عينة البوذياب .

وقد تتناقص عدد الضربات في الطبقة العليا التي تمتاز بارتفاع المحتوى الرطوبي فيها فضلا عن تخفيض قيمة الاجهادات الفعالة،اذ ان هذه المواد الذائبة والاجهادات تسبب في خلخلة التربة وأضعاف قابلية تحملها في بعض المواقع، ومن العوامل الأخرى المؤثرة في قابلية تحمل التربة ارتفاع منسوب المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض، فإنّ وحدة الوزن الفعّالة ستقل وتتأثر قابلية تحمل التربة، كما ان قابلية التحمل تزداد بازدياد عرض وعمق القاعدة، أما الكثافة النسبية للرمل فكلما كانت كثيفة فان زاوية الاحتكاك الداخلي وقابلية تحمل التربة كبيرة أيضا.

مصادر الفصل الثامن

1 - خلف حسين علي الدليمي ,علم شكل الأرض التطبيقي , مصدر سابق ,ص199 .

2 - وليد خالد حسن العكيدي وشاكر محمود العيساوي، مورفولوجيا التربة،بيت الحكمة ،جامعة بغداد, 1989،ص126.

3 - حامد حسن عبدالله الجبوري،الخرائط الجيوتقنيه الاوليه للتربة في محافظه بابل وبعض المناطق المجاورة،رسالة ماجستير،كليه العلوم ,جامعة بغداد ،2002،ص23.

4- محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم، تكنولوجيا تنفيذ وتنظيم الأعمال الترابية في المشاريع الهندسية،مصدر سابق،ص158.

5- Smith , G. N., 1974, (Elements Of Soil Mechanics For Civil And Mining Engineering), 3ed. Edition , Crosby Lockwood Staples, London .

6- Holtz,Robert D.And kovacs,William D,1981(An In Introdu Ction To Geotechnical Engin eering) pretice-Hall,Inc.Engle Wood Cliffs.

7- مقداد حسين علي وأخرون, الجيولوجيا الهندسية , جامعة بغداد , 1991, ص52.

8- Kerbs, R. D., & Walker, R. D., 1970,(High Way Material),1st. Edition, McGraw-Hill Book Inc. USA.

9 - محمد عمر العشو، مبادئ ميكانيك التربة، مصدر سابق ,ص73.

10 - محمد ظافر عبد النافع عبد الحكيم الحيالي، تثبيت التربة الطينية الانتفاخية المعدلة بالنورة باضافة المستحلب الاسفلتي، رسالة ماجستير غير منشورة، مقدمة الى كلية الهندسة جامعة الموصل 2003 ،ص6.

12 - ليث سعدي عفتان الدليمي، بيدوجيومورفولوجية وادي نهر الفرات بين هيت والفلوجة، رسالة ماجستير غير منشورة مقدمة الى كلية التربية، جامعة الانبار ,2013,ص161.

13- أحمد حيدر الزبيدي،استصلاح الأراضي، بغداد دار الحكمة للطباعة والنشر 1992، ص151.

14- **Barazanji, "Gypsiferous soils of Iraq"Ph.D. Thesis, state University of Ghent, Belgium. A.F. (1973).P.29**

15- نوري أحمد الكبيسي،تأثيرات كاربونات الكالسيوم على بعض صفات التربة الفيزيائية والمعدنية، رسالة ماجستير غير منشورة كلية الزراعة جامعة بغداد، 1986، ص6.

16- ميسون كريم محمد العزاوي ،دور العوامل الجغرافية في تملح ترب ريف مركز قضاء الرمادي، مصدر سابق، ص 117.

17- سعدي مهدي محمد العزيزي،استخدام المياه المخصصة في استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح ، رسالة ماجستير مقدمه الى كلية الزراعة، جامعه بغداد 1988، ص4.

18- Bowles, J.E., 1988, (Foundation Analysis And Design) $4^{th.}$ Edition, McGraw-Hill Book Company .

19- Budhu, M. 2000, (Soil Mechanics & Foundations), John Wiley& Sons.

20- Lambe , T. W. And Whitman , R. V.,1979, (Soil Mechanics), John Wiley And Sons , Inc., New York

الفصل التاسع–المعلومات الجيوتقنية دراسة تطبيقية على قضاء الرمادي

المبحث الأول– أثر الخصائص الجيوتقنية في تخطيط العمران

المبحث الثاني–أثر الخصائص الجيوتقنية على تخطيط خدمات البنى التحتية

المبحث الثالث – تخطيط الطرق وإنشاء الجسور

المبحث الرابع– المناطق المعرضة للفيضانات

المبحث الأول– أثر الخصائص الجيوتقنية في تخطيط العمران

إن من المشاكل الرئيسة التي تواجه أعمال البناء والتشييد وانهيار وتلف وتشقق العناصر الإنشائية بالمباني والمنشآت يعود الى أخطاء تصميمية وتنفيذية دون النظر بجدية الى أثر الخصائص الجيوتقنية في تخطيط المشاريع الهندسية، خاصة التربة لكونها حاملة للأساسات، إذ أنها تؤثر في تدمير العناصر الإنشائية وتهديد المنشآت بالانهيار ،وتعد المشاكل الجيوتقنية في الوقت الراهن تمثل (75–80%) من المشاكل الهندسية التي تعاني منها المباني والمنشآت متمثلة بهبوط الأساسات بقيم كبيرة غير مسموح بها، وانتفاخ وانكماش التربة بقيم عالية،وانهيار التماسك بين حبيبات التربة، وكذلك قدرة التحمل للأساسات وزيادة المكونات الكيميائية والعضوية في التربة..الخ,

إذ تؤثر الخصائص الجيوتقنية في تأمين واستقرار المنشآت الهندسية،ويمكن دراسة وتحليل أثر الخصائص الجيوتقنية الهامة التي تتعرض المشاريع الهندسية عامة.

إن التنبؤ بسلوك التربة واستقرارها في تخطيط العمران، الذي يشمل المشاريع السكنية متمثلة بمباني السكن الاعتيادية ومساكن متعددة الطوابق والمجمعات السكنية، ومشاريع المباني والمنشآت التجارية، والمدارس والجامعات، وأبنية عديدة أخرى كالفنادق والعمارات والأندية الرياضية ومشاريع المنشآت الصناعية وغيرها، فجميع هذه المشاريع يتطلب معرفة الخصائص الجيوتقنية في تنفيذها والمتمثلة بما يلي:

أولا–التربة الانتفاخية

وتعد من الترب التي تبدي تغيرا في حجمها عند تغير محتواها الرطوبي، إذ يزداد حجمها (تنتفخ) عند زيادة المحتوى الرطوبي.[1]

فعند زيادة المحتوى الرطوبي قد يزداد حجمها الى (100%)، مما يولد ضغطا يدعى ضغط الانتفاخ، في حالة عدم السماح لها بالانتفاخ (ضغط الانتفاخ هو الضغط اللازم لمنع أية زيادة في حجم التربة عند زيادة محتوى رطوبتها)،ان قيمة ضغط الانتفاخ للتربة قد تصل الى($980N/M^2$) أو أكثر، والتربة التي تتعرض لهذه الظاهرة هي الترب الطينية الغنية بمعدن المنتمورولونايت،وتتميز هذه الترب أيضا بكونها ذات نفاذية واطئة جدا عندما تكون رطبة، فضلا عن لدونتها وفعاليتها العاليتين، وانّ التغيرات الحجمية التي ترافق هذه العمليات تؤدي الى حدوث أضرار كبيرة في المنشآت،وتعد هذه

الإضرار من المشاكل الرئيسة التي تحدث في منطقة الدراسة،عندما تكون الأحمال المسلطة على الترب الانتفاخية اقل من ضغط الانتفاخ،والتي تؤدي الى ارتفاع وتشقق وتحطم أساسات الأبنية والأرضيات وصعوبة غلق الأبواب والشبابيك وغيرها.

وتشير بعض الإحصاءات الى أنَّ الأضرار التي تلحق بالمنشآت المقامة على التربة الانتفاخية تفوق الأضرار التي تلحق بالمنشآت بسبب الفيضانات والأعاصير والزلازل مجتمعة .

وعند إقامة أبنية على مساحة كبيرة نسبيا فإنَّ التغيرات الموسمية في محتوى الرطوبة بسبب الإمطار سوف تتوقف عن الحدوث تحت وسط المنشأ، ولكنها تستمر في الحدوث حول أطراف ومحيط المنشأ، وهذا يؤدي الى هبوط أطراف المنشأ فيما يخص وسطه في مواسم الجفاف، وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت المنشأ، وعلى العكس من ذلك في مواسم الأمطار فإن أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه ويحدث ما يسمى تقعر التربة، ويسمى تمدد التربة حول محيط المنشأ بالتمدد الموسمي ،ويحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة نتيجة لوجود تسرب من أنابيب أو مواسير المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ، ويسمى التمدد الناتج عن ذلك في التربة بالتمدد العام.[2]

وهنالك عدّةَ عوامل تؤثر في قابلية التربة على الانتفاخ منها نوع المعادن الطينية وكمياتها والكثافة الجافة للتربة ومحتوى الرطوبة الأولي ودرجة التشبع النهائية وعمق الطبقة الانتفاخية، ويلاحظ أن التعريف النوعي والكمي لخواص الانتفاخ للتربة يعد خطوة رئيسة في تصميم الأسس فوق التربة الانتفاخية.

وقد حاول عدد من الباحثين إيجاد طريقة لقياس انتفاخ التربة التي تكون بعدة طرائق بحيث تكون النتائج مقاربة لما قد يحصل في الحقل، ومنها الطريقة الغير مباشرة لتحديد جهد الانتفاخ لنماذج التربة بالاعتماد على قيم السيولة واللدونة، كما يوضّح الجدول (9-1) نظام تصنيف التربة الانتفاخية.[3]

الحد السيولة	دليل اللدونة	جهد الانتفاخ%	تصنيف جهد الانتفاخ
أقل 50	**أقل 25**	**أقل 0,5**	**منخفض**
60-50	**35-25**	**1,5-0,5**	**متوسط**
اكبر 60	**اكبر35**	**اكبر 1,5**	**عالي**

Das, B. (1990), "Principles of Geotechnical Engineering", 2 nd edition.

إنّ المبدأ الأساسي في التصميم يعتمد بصورة رئيسة على معرفة الانتفاخ المحتمل للتربة ومقدار الانتفاخ المتوقع حدوثه تحت أحمال مختلفة، ذلك يتم عن طريق دراسة سلوك ترب المنطقة من حيث الانتفاخ الذي يعتمد على قيم اللدونة والسيولة لعينات الترب،وسجلت احتمالية الانتفاخ منخفضة في كل من العينات 7كم على عمق (4,5- 10م) وحي السكك على عمق (2,5-10م) والتأميم وشارع المستودع على عمق (0-4,5 م) وسوق الجزارين على عمق (0- 6م) وشارع ميسلون على عمق (3م) وحي الضباط على عمق (1,5م) والحوز على عمق (4,5- 10م) والورار على عمق (0-4,5م) والصوفية على عمق (1,5م) وزنكورة على عمق (4,5 - 10م) وحي الشركة على عمق (0-11م) والبوعبيد والحامضية على عمق (1,5م) والطالعة على عمق (3م) والصهالات على عمق (0-4,5م) والبوعلي الجاسم والطرابشة على عمق (0- 3م) .

أما في الأجزاء الأخرى تكون احتمالية الانتفاخ معدومة على أعماق محددة من العينات في منطقة الدراسة، متمثلة في كل من الطاش و7ك, و5كم على عمق (0-4,5م) وحي السكك على عمق (0-2,5م)، وتمتاز هذه الأعماق بارتفاع محتوى الجبس في التربة الذي يقود الى تقليل كل من حدي السيولة واللدونة مع عدم حدوث تغير في قيمة دليل اللدونة، والملعب والجمعية على عمق (0- 3 م)، اذ تضمنت تربتها طمى رملي، والحوز وزنكورة على عمق (0- 4,5 م) وحي السكك على عمق (0-2,5 م) وحي الصناعي الغربي على عمق (1,5م) والصوفية على عمق (1,5- 10 م).

إما في بعض الأجزاء الأخرى سجلت احتمالية الانتفاخ معدومة تماما في جميع أعماق العينة في حي التقدم وحي المعلمين والسينما وزوية البوفراجوالقرية العصرية .

وفي بعض الأجزاء من منطقة الدراسة صنف جهد الانتفاخ بالمتوسط في كل من الطاش و5كم على عمق (4,5– 10 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (3– 5 م) والورار على عمق (4,5– 7,5 م) وشارع ميسلون على عمق (3– 6 م) وسوق الجزازين على عمق (6–10 م) وشارع المستودع على عمق (4,5– 10 م) والجمعية والملعب على عمق (3– 10 م) وفي طوي والحامضية على عمق (1,5– 4,5 م) والطالعة على عمق (4,5– 6 م) والصهالات على عمق (4,5 م) والبوعلي الجاسم على عمق (3–6 م).

أما في بعض أعماق التربة التي تضم ترب عالية لانتفاخ في كل من شارع ميسلون على عمق (6–10 م) والورار على عمق (7,5– 10 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (1,5– 3 م).

ولغرض التقليل من الأضرار التي تحدَث في المنشآت المشيدة على التربة المنتفخة وضعت عدة معالجات منها :

1–تشييد الأسس في أعماق لا تتأثر بتغيرات محتوى الرطوبة الفصلية.

2–استبدال التربة المنتفخة بتربة غير منتفخة .

3–منع وصول الماء الى التربة المنتفخة .

4–تحويل التربة المنتفخة الى تربة غير منتفخة بوساطة المعالجة الكيميائية.

5–استخدام الأسس الصندوقية .

6–منع انتفاخ التربة بوساطة تسليط أحمال مناسبة وتصميم المنشأ بحيث يتحمل ضغط الانتفاخ المتوقع حدوثه.

ثانيا–أثر محتوى الجبس على المشاريع العمرانية

تتواجد الترب الجبسية غالبا في المناطق الجافة وشبة الجافّة، وتعدّ هذه الترب ذات مشاكل كبيرة عند تعرضها لتغيرات في نسب المحتوى المائي بسبب تذبذب منسوب المياه الجوفية، أو بسبب تسرّب المياه إليها،مما يؤدي إلى إذابة جزء من المحتوى الجبسي فيها وتكبر المسامات الموجودة أصلا في كتلة التربة،وهذا الأمر يؤدي الى هبوط التربة تحت الأحمال المسلطة فوقها، كما أن مقاومة القص قد تختزل هي الأخرى بسبب هذه العملية وخصوصا في الترب الطينية .

إنَّ الأبنية المشيدة فوق هذه الترب تهبط تدريجيا وبشكل غير متساوي حالما تبدأ عمليات السقي لترب المنطقة المحيطة بها، مع زيادة رطوبة التربة يبدأ تصدع الأبنية ويظهر شقوق في الأسس والجدران، كما هو الحال في بناية النادي المركزي القديم في جامعة الأنبار، وكثير من الوحدات العمرانية في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة التي تمتاز بارتفاع محتوى التربة من الجبس.

وللجبس تأثير على الكونكريت، بسبب وجود محتوى عالي من الكبريتات في التربة، والذي يتفاعل مع الكلس الحر الموجود في الأسمنت البورتلاندي ليكون الجبس البلوري، وان التمدد الحجمي للجبس يولد ضغطا يؤدي الى تباعد مكونات الكتل الكونكريتية، والذي يسبب تشققا فيها.

كما إن للجبس تأثير تدميري على مواد البناء الداخلة في المنشآت الهندسية، التي تؤدي الى تدهور في صفاتها عند ذوبانه في المياه الجوفية ويكون على تماس مباشر مع عناصر البناء .

وان شدّة ذوبان الجبس عند ارتفاع المحتوى الرطوبي تتأثر بعدة عوامل مثل الحرارة وسرعة جريان الماء،وتركيز الأملاح الأخرى في التربة، ومع سعة مساحة الجبس يزداد ذوبانه في المناطق المعرضة الى جريان الماء.

ويمكن تلخيص مشاكل الترب الجبسية وكما يلي:

1- عدم تجانس الهبوط في التربة الجبسية.

2-فقدان كبير للمقاومة عند الترطيب.

3- زيادة المفاجئة بالانضغاطية عند الترطيب .

4- استمرار التشوّه والتداعي عند الغسل نتيجة حركة الماء .

5- ظهور التشققات في المنشآت المقامة عليها نتيجة لارتفاع مناسيب المياه الجوفية .

6-ظهور وتكون الفجوات والفراغات نتيجة إذابة الجبس.

ومن خلال ما تقدّم من استعراض للمشاكل التي تسببه زيادة محتوى الجبس،وكذلك معرفة محتوى الجبس في تربة منطقة الدراسة،والذي تتفاوت نسبة الجبس في تربة منطقة الدراسة من مكان الى آخر، كما يوضّح الجدول (9- 2) المار الذكر في الفصل الثامن، فقد سجلت أعلى نسب لمحتوى الجبس في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة، وفي الهضبتين الغربية والجزيرة الى أكثر من (40%) في كل من

الطاش و7 كم وحي السكك على عمق (1,5م)، وبلغت (36%) في عينة 5كم و(35%) في القرية العصرية و(33%) في الدوار ،وقد يتناقص محتوى الجبس مع العمق .

وتراوحت نسبة الجبس بين (10− 25%) على عمق (1,5 م) في الجمعية وشارع ميسلون وزنكورة والطرابشة .

فعند تخطيط وتصميم المشاريع الهندسية في هذه المناطق يجب الأخذ بنظر الاعتبار الحلول والمعالجات لمشكلة إذابة الجبس تحت الأبنية،لان في هذه المناطق نسبة محتوى الجبس يفوق الحد المسموح به،والتي حددت من قبل المواصفات العراقية للطرق والجسور ،إن لا تزيد النسبة عن (10%) في مواد الطبقات الأرضية و(5%) في مواد الطبقات ما تحت الأساس.

بينما سجلت بعض المناطق نسبة محتوى الجبس أقل من الحد المسموح به،والتي بلغت أقل من (3%)، كما في شارع المستودع وحي الضباط وسوق الجزارين وحي الشركة والصوفية وحي التقدم وزوية البوفراج والبوعبيد والحامضية والطالعة،وبعض الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة .

وسجلت نسبة الجبس بين (3−10%) على عمق (1,5م) في كل من الورار وحي المعلمين والسينما والطوي، وان نسبة الجبس تتناقص مع العمق،وفي هذه المناطق لا توجد أي مشاكل تواجه تخطيط وتصميم المشاريع الهندسية .

ثالثا− تأثير المياه الجوفية على تخطيط الوحدات العمرانية

إن مناسيب المياه الجوفية في قضاء الرمادي يتباين من مكان لأخر ،اذ سجلت مناسيب المياه الجوفية قريبة من السطح، إذ يصل عمقها (0,5م) في بعض الأحياء السكنية كما في القطانة والورار والثيلة وحي العادل وحي البكر ،في حين تبعد المياه الجوفية عن السطح الأرض (0,8م) في العزيزية.

بينما تراوحت مناسيب المياه الجوفية بين (1− 2)م من مستوى الأرض في معظم أجزاء منطقة الدراسة، كما تم توضيحه في الفصل الثامن، ففي هذه الأحياء تكون مناسيب المياه قريبة من الأسس مما ترك أثار سيئة على المنشآت المقامة في تلك المناطق،إذ تعمل المياه على تغير خصائص التربة وتقلل من قدرتها على التحمل، مما جعل معظم وحداتها السكنية تتأثر بهذه المياه وبدرجة كبيرة، ويمكن ملاحظة ذلك بان نسبة عالية من الوحدات المشمولة متأثرة بالرطوبة،ويبدو بان الأحياء السكنية القديمة مثل

القطانة والعزيزية أكثر تأثرا بعامل الرطوبة من الأحياء الحديثة مثل الملعب والأندلس، ويدخل في هذا الجانب ارتفاع المنطقة عن مستوى سطح البحر، وعمر الوحدات السكنية وتاريخ بنائها،اذ ان مقدار الرطوبة في جدران الوحدات السكنية يتباين من منطقة الى أخرى،فقد يصل معدلها الى أكثر من (2م) في الأحياء السكنية القديمة مثل العزيزية والقطانة، و(2م) في الورار والثيلة وحي 8 شباط ، بينما بلغ معدل ارتفاع الرطوبة في بعض الإحياء السكنية (1م) في كل من التأميم والحوز والمعلمين و 14 رمضان والشركة.

بينما بلغ معدل ارتفاع الرطوبة أقل من (1م) في 30 تموز واليرموك والملعب، وتخلق الرطوبة بيئة غير صحية، إذ يظهر العفن والتآكل في الجدران وحدوث ظاهرة التزهر، وتنشيط تفاعل الأملاح وخاصة الكبريتية منها مع مركبات الأسمنت فتؤدي الى أضعاف الخرسانة، ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر فيها المياه هو انجمادها داخل الكتل الكونكريتية فيعمل على تفككها، فضلا عن صدأ وتآكل بعض المعادن فيتشوّه مظهر الجدران وتقل صلابة مكوناتها، ونتيجة لارتفاع الرطوبة عن الحدود المقبولة في الجدران، وأصبحت بعض جدران الوحدات السكنية متهرئة وآيلة الى السقوط ، لذا قام بعض السكان بعمليات الترميم ولمرات عديدة .

أما في الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة تباينت مناسيب المياه الجوفية بين (1,4− 2,1 م)، وكان أعلى منسوب للمياه الجوفية وأقربها الى سطح الأرض (1,4م) في الصهالات،وأقل منسوب عن سطح الأرض (2,1م) في الحامضية، ويرجع السبب عن بعد المياه الجوفية عن سطح الأرض مقارنة بأحياء المدينة يرجع الى وجود المبازل للتخلّص من المياه الزائدة عن حاجة المزروعات وانخفاض منسوب الماء الجوفي وما يحوية من أملاح، وهذه القنوات الفرعية تتصل بالقنوات الرئيسة ومن ثم تنتهي بمحطة سحب المياه المالحة وضخها الى النهر، ولكن تواجهه عملية البزل ضمن مقاطعات ريف قضاء الرمادي مشكلات منها قلة عمليات الكري ورمي النفايات وردم المبازل الصغيرة ووضع قناطر غير منتظمة،ونمو الأدغال ونباتات القصب والبردي في مجراها، مما انعكس على سرعة جريان المياه أو أعاقة حركتها،وقد أدى الى ارتفاع مناسيب المياه فيها،وبالنتيجة ارتفاع مستوى المياه الجوفية مما يؤدي الى زيادة تراكم الأملاح بعد تبخر المياه من على سطح تربة المنطقة، وخاصة في المناطق المجاورة

للمبازل الرئيسية، كما هو الحال في الصهالات و زنكورة وفي بعض أجزاء من البوذياب والطالعة، والتي تمتاز بارتفاع مناسيب المياه في المبازل، فأدى الى ارتفاع الرطوبة في الأسس والجدران والأسيجة والأبنية في المواقع القريبة من تلك المبازل .

أما في أجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة فقد ارتفعت مناسيب المياه الجوفية في تلك المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الجبس، مما أدى ذوبانه الى ظهور الفراغات والتكهفات التي تسببت في هبوط الأبنية المقامة فوقها،وهذا يعني ان المياه الجوفية ستكون حاوية على كبريتات والتي لها تأثير تآكلي في الخرسانة.

كما تؤثر الخصائص المناخية في رطوبة الأبنية وزيادة مناسيب المياه الجوفية عند سقوط الأمطار بغزارة ، ولاسيما في المناطق التي تفتقر الى شبكة تصريف المياه، وزيادة بخار الماء في الهواء، لذا يرتفع مقدار الرطوبة (1,5م) في الأسيجة والجدران، كما موضّح في الشكل (9- 1)صورة توضح ارتفاع الرطوبة في الأسيجة وجدران الأبنية في التأميم.



فضلا عن عدم وجود شبكة مجاري شاملة للمدينة لتصريف مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار ،وهذا ما يجعل مياه الاستعمال البشري تترشح في الأرض مسببة ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وانتقال الرطوبة الى الأسس والجدران والأرضيات والمماشي،وانْ وجدت شبكة تصريف تكون غير كفوءة لتصريف مياه الاستعمالات السكنية التي تطفو على سطح الطرق، كما هو الحال في القطانة والعزيزية و8 شباط والملعب والإسكان وغيرها، كما في الشكل(9-2)صورة توضح ذلك.



ان عدم كفاءة شبكة تصريف مياه الصرف الصحي لتي ادى الى ارتفاع الرطوبة في القطانة،مما ادي الى تآكل المونة الأسمنتية بالخرسانة والمباني، نتيجة لتفاعل المواد الكيميائية التي تحتويها مياه الصرف الصحي مع الأسمنت، بالإضافة الى تآكل وصدأ حديد التسليح داخل العناصر الخرسانية، فضلا عن انتشار الروائح الكريهة وتلوث الهواء، والتلوث البصري المؤذي للعين،والمظهر السيئ وغير الحضاري بالمنطقة.

رابعا–مشكلة هبوط وانضمام التربة.

إنَّ من أهم مشاكل الأسس هو هبوط التربة وإعادة ترتيبها،إذ أن جميع أنواع الترب يمكن أن تتعرض الى الهبوط ولكن بدرجات متفاوتة،ولن يحدث أي ضرر في أنْ تهبط كامل البناية مَرّة واحدة ،أما إذا كان الهبوط غير متجانس ومتباين فإنّهُ يكون ذا خطورة على الأبنية وتصاب بأضرار كبيرة،إذ تهبط جهة وتبقى جهة أخرى فيتعرض المبنى الى الميلان وتتشقق جدرانه،هذا ما يحدث في التربة الطينية، كما هو الحال في الورار وسوق الجزارين التي صنفت تربتها بالطينية ضعيفة اللدونة،والتأميم تكون ذات تربة طينية ممزوجة بالرمل مع الغرين، وحي الضباط والصهالات والطالعة ذات طين رملي، إما التربة الرملية اوالحصوية فان الهبوط فيها قليل ويحدث خلال فترة قليلة من انجاز البناء، بينما يستمر الهبوط في الترب الطينية لعّدة سنين عندما يكون منسوب المياه الجوفية متذبذبا.

إنّ لكلّ من الترب الرملية والغرينية المفككة تأثيرا كبيرا في هبوط التربة وبصورة خاصة عند تعرضها الى هّزات أرضية،ففي مثل هذه الحالة يجب وضع ذلك بنظر الاعتبار عند تصميم الأسس عليها ،وتستخدم أساليب مختلفة في وضع الأساس على هذه التربة .

أما أنواع الترب ذات الكثافة القليلة سوف تسبب مشاكل للأسس وهبوط الأبنية كما هو الحال في حي الشركة التي تمتاز بطبقة سطحية مفككة على عمق (1,5م)،وعلية يفضل استخدام أسس تمتد الى أعماق بعيدة عن الطبقة السطحية المفككة .

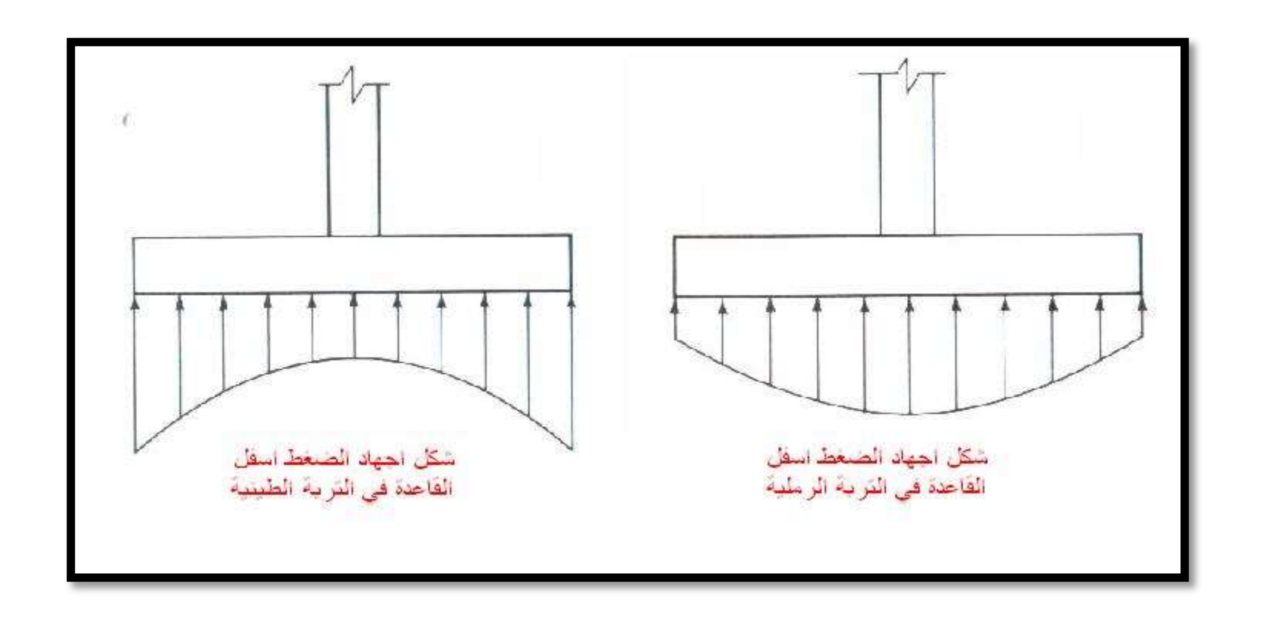
ومن المشاكل الأخرى التي يمكن أنْ تواجهه الأسس على عمق أكثر من (3م) في جميع عينات تربة منطقة الدراسة التي تحتوي على نسبة عالية من الطين وقابليتها على الانتفاخ، باستثناء حي التقدم وحي الشركة والصوفية والقرية العصرية،والحي الصناعي الغربي،والتي صنفت ذات ترب غرينية ممزوجة بالرمل ورملية سيئة التدرج.

وهناك علاقة بين أنواع الترب ونوعية الأسس، فالضغط الذي سوف يسلطه المنشأ على التربة سينتشر على شكل بيضوي, حيث أنّ الضغط يتوزع داخل التربة في الاتجاهات جميعها على نحو غير منتظم،ان الضغط الأفقي يتوزع بشكل منحني،ومقدار الضغط تحت مركز الحمولة أعلى منه في أي نقطة من النقاط الأخرى الواقعة في مستوىً أفقي واحد، أي أنه يتناقص من المركز باتجاه الجوانب .

كما أنّ الضغط باتجاه العمق يتناقص كلما ابتعدنا عن مركز الحمولة،ومن العوامل التي تؤثر في توزيع الأجهادات في التربة هي صلابة قاعدة الأساس أو مرونتها،إضافة الى تأثير عدم تجانس التربة وتغير معامل تشوه الطبقات المختلفة المشكلة للقاعدة الترابية .

ففي التربة الرملية عندما يتم وضع القاعدة عليها ونتيجة للأحمال فإنّهُ ينتج عنها ضغط أسفل القاعدة يكون كبيرا أسفل منطقة العمود ويكون أقل قيمة عند أطراف القاعدة.

وفي الترب الطينية يكون العكس فأكبر ضغط يكون عند أطراف القاعدة،ويقل في منتصف القاعدة أسفل العمود، كما يوضّح الشكل (9–4) مخطط يوضح أجهاد الضغط أسفل القاعدة في الترب الرملية والترب الطينية.[4]



أما نوع الأساس الذي يجب استخدامه هو الأسس المنفصلة عندما تكون التربة تحت سطح الأرض ذات قابلية تحمل كافية،ولا يمكن توقع هبوط متباين للأبنية في حالة عدم تأثير المياه الجوفية على البناء، أو على عملية إنشائه .

وفي حالة كون الطبقة الضحلة تحت الأساس ليست قابلة للانضغاط وقابلية تحملها ضعيفة،ويفضل استخدام أسس حصيرية أو طوقيه على شرط أن يحسب سمك الحصيرة حسابا تصميميا لكي يمنع حصول هبوط متباين .

أما استخدام الأساس على شكل ركائز فعلى بالرغم من ارتفاع سعرها تتغلب على الكثير من المشاكل.[5] والمتمثلة بهبوط التربة وتأثير المياه الجوفية على الأبنية.

خامسا–أثر أيون الكبريتات على أسس الأبنية والمنشآت .

تؤثر أيون الكبريتات على الأسس بتأثيرها على الخرسانة، فتظهر شقوق وتزداد الشقوق حتى تسبب تفتتها، وتؤدي تلك العملية الى زيادة نفاذية الخرسانة، وبالتالي تعرّض حديد التسليح داخل الخرسانة للتآكل بسبب الكلوريدات والأملاح والمياه.

ويتّضح من خلال الجدول (9–2) المار الذكر ان أكثر المناطق عرضة لمهاجمة الكبريتات للأسس الأبنية والمنشآت في المناطق التي تزداد فيها نسبة أيون الكبريتات أكثر من الحد المسموح بها

(5%)،إذ ازدادت أكثر من (20%) في كل من الطاش و7كم على عمق (1,5م)،و5كم وحي السكك والجمعية والحوز والملعب والقرية العصرية والطرابشة، ثم يبدأ تأثير نسبة أيون الكبريتات بالانخفاض على عمق (4,5م)، باستثناء الطاش و7كم و5كم التي بلغت نسبة أيون الكبريتات (11,7%) و(22,4%) و(6%) على التوالي لنفس العمق .

وفي جميع المناطق المذكورة يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار تأثير أيون الكبريتات على الأسس واتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية الأساسات أيا كان نوعها من الأملاح التي توجد في التربة أو في المياه الجوفية.

يمكن استعمال الأسمنت البورتلاندي العادي في خرسانة الأساس في المناطق التي تصل فيها درجة تركيز أملاح الكبريتات أقل من (1%)،وفي المناطق التي تزيد درجة تركيز أملاح الكبريتات على ذلك يفضل استعمال أنواع خاصة من الأسمنت المقاوم للكبريتات.

بينما انخفضت نسبة ايون الكبريتات في منطقة الدراسة الى أقل من الحد المسموح به (5%)، وبالتالي لا يوجد أي تأثير على أسس الأبنية والمنشآت المقامة في مناطق الورار، وسوق الجزارين والسينما وشارع المستودع وحي الضباط وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وحي التقدم وحي الشركة والصوفية وطوي, وزوية البوفراج والحامضية والبوذياب والطالعة .

وقد توجد بعض المشاكل التي تواجهه أسس الأبنية في ريف قضاء الرمادي بسبب تربة أكتاف المبازل التي تمتاز بارتفاع نسبة الأملاح فيها، والتي تستخدم في دفن الأسس أو تستخدم لتعلية الأرض تحت الأسس،مما تؤدي الأملاح الموجودة في تلك الترب الى التفاعل مع مادة الأسمنت في الأسس فتعمل على تشققها،ويزداد توسع تلك الشقوق التي تؤدي الى تفتت وانهيار تلك الأسس تحت الجدران وبالتالي تصبح البناية متهرئة وآيلة نحو السقوط،أو تذوب تلك الأملاح تحت الأسس، مما يحدث فراغات وتكهفات والتي تؤدي الى حدوث شقوق وهبوط في الأسس أيضا.

المبحث الثاني–أثر الخصائص الجيوتقنية على تخطيط خدمات البنى التحتية .

إنَّ الاهتمام بالبنى التحتية أمرٌ مهمٌ وأساسي وخاصة من ناحية أنشاء وتنفيذ تلك المشاريع المتمثلة بالماء والكهرباء والهاتف والصرف الصحي،والتي تواجه مشاكل كثيرة عند مدّها ،لأنها تمتد عبر

مسافات طويلة حتى يتم توفيرها للإنسان، إن دراسة أثر الخصائص الجيوتقنية بشكل دقيق قبل تنفيذ تلك المشاريع لما لها من دور فاعل في تجنب المشاكل وتقليل الخسائر ورفع كفاءة تلك المشاريع، كما يؤدي الى ديمومة تلك الخدمات ومن ثم الإفادة منها بشكل أكبر من قبل سكان تلك المنطقة وخلال مدة زمنية أطول، وفيما يلي استعراض أثر الخصائص الجيوتقنية لكل نوع من الخدمات :

أولا- شبكات توزيع المياه

إن توزيع المياه يتم عن طريق شبكة أنابيب بأقطار وأطوال مختلفة ويتم دفنها في الأرض،إن تنفيذ هذه المشاريع يتطلب عملية حفر مواضع الشبكة في قضاء الرمادي،وتتميز أرضه بعدم وجود طبقات صلبة أو طبقات صخرية على عمق (10م)،والتي تقلل من صعوبة الحفر وخفض التكاليف، وهناك عدة عوامل تؤثر في عملية تنفيذ شبكة توزيع المياه ومنها ما يأتي:

1- الوضع الطوبوغرافي:

تعترض عملية إيصال المياه الى المناطق المرتفعة أو المنخفضة مشاكل، فإذا تم مدّ شبكة الى مناطق منخفضة قبل المرتفعة ستعاني الأخيرة من شحه المياه،وإذا حدث العكس ستعاني الأولى من شحه الماء،لذا تتطلب العملية مدّ شبكة مستقلة لكل منهما، كما تحتاج عملية إيصال المياه الى المناطق المرتفعة عمليات ضخ،وهذا يعني كلفة زائدة).[6]

ومن الملاحظ إن انحدار سطح قضاء الرمادي من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي وبدرجة الانحدار (0,025)درجة، أما انحدار هضبة الغربية من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي الى (0,095)درجة، بينما تنحدر هضبة الجزيرة من الشمال نحو الجنوب (1,25)درجة ، ومع هذا التفاوت في ارتفاعات قضاء الرمادي إلا أنّه أقرب الى الاستواء منه الى التضرّس في الجهة الشرقية،ويوجد تضرّس في الجزء الغربي والمتمثل في بداية الصحراء الغربية، وهذا يؤثر على مميزات الموضع، اذ توجد صعوبات في عملية النمو العمراني ومد شبكة توزيع المياه وشبكة الصرف الصحي وشبكة الطرق، وقد نتج عن الوضع الطوبوغرافي في غرب القضاء عامة والمدينة خاصّة مشاكل كثيرة، سواء توسع العمران أو مد شبكات المياه وغيرها.

2- أنواع التربة

إنّ نوعية الترب تؤثر على استقرارية الحفر وارتفاع الحفريات المسموح بها بجدران عمودية التي حددت في الترب الرملية والحصوية (1)م، وتربة سيليت رملي (1,25م)، وتربة سيليت غضاري (1,5م)، وتربة غضارية (2م)، وعندما يزيد الحفر عن تلك الأعماق تميل وتنهال جوانبه في قاع يضيق ويتّسع سطحه العلوي، مما يعرض سلامة المباني المجاورة للتصدع، ويتطلب تدعيم جوانب الحفر بصفائح حديدية لتجنب انهيار جوانب الحفر وتوفير الحماية اللازمة للعاملين .

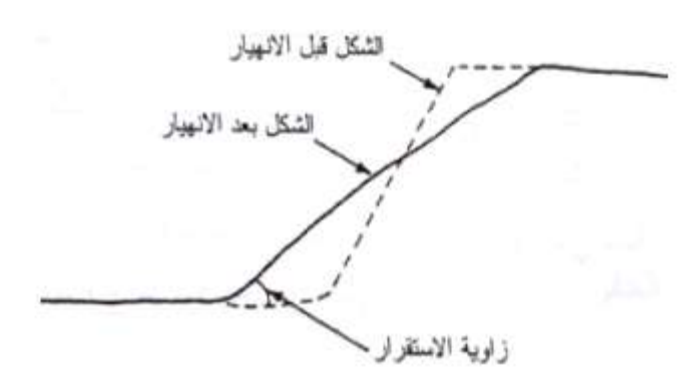
ومن الجدول (9-3) يمكن معرفة قيم ميول جوانب الحفر،والتي تنشأ من دون تدعيم الجوانب ولارتفاع يتراوح بين(1,5- 5)م.

نوع التربة	عمق الحفر(م)					
	عمق(1,5)		عمق(3)		عمق(5)	
	زاوية الانحدار بالدرجة	ميل الانحدار	زاوية الانحدار بالدرجة	ميل الانحدار	زاوية الانحدار بالدرجة	ميل الانحدار
رملية وحصوية	76	1:0.25	45	1:1	38	1:1.25
سيليت رملي	76	1:0.25	56	1:0.67	50	1:0.85
سيليت غضاري	90	1:0	63	1:0.5	53	1:o.75
غضار	90	1:0	76	1:0.25	63	1:0.5

لكي يتم فهم الأشكال الرئيسية لانهيار الميول يجب فهم المفاهيم الأساسية لمقاومة التربة، ويمكن تصنيف التربة الى نوعين هما متماسك وغير متماسك .

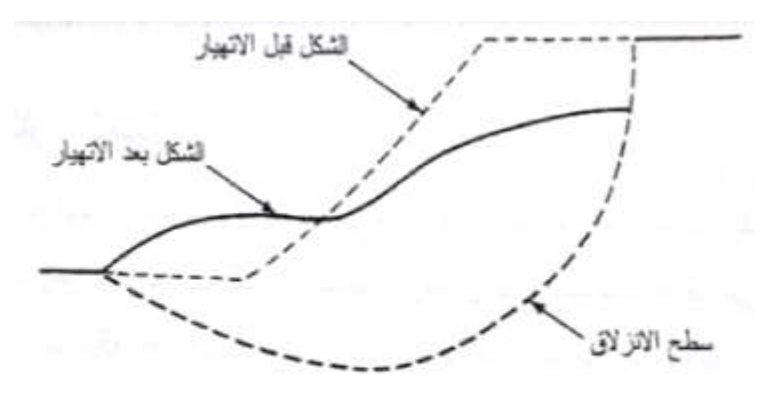
فالتربة غير المتماسكة هي التي تكون فيها حبيبات التربة غير متلاصقة، ولذلك تكون قوة القص في التربة غير المتماسكة ناتجة فقط عن الاحتكاك الحاصل بين حبيبات التربة القوة الرأسية (أو القوة

العمودية على السطح المنزلق) مطلوبة لا إحداث هذه المقاومة، فعندما ينهار حاجز ترابي مكون من تربة حبيبية فانّه ينهار، بحيث تنفصل التربة أعلى الحاجز وتسقط الى الأسفل وتستمر في السقوط حتى يكون ميل الحاجز الترابي مساويا لزاوية استقرار التربة، كما يوضّح الشكل (9-5) مخطط يبين انهيار الميول للتربة غير المتماسكة .



المصدر :- محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم ، مصدر سابق ، ص 32 .

إما في التربة المتماسكة فتحدث قوه القص بشكل أساسي بسبب التجاذب بين حبيبات التربة، إذا كانت التربة كلها من النوع المتماسك فانّهُ لا يحدث احتكاك بين حبيباتها، كما يوضع الشكل (9 -6) مخطط يبين انهيار الميول للتربة المتماسكة، ويتضح أن كتلة كبيرة من التربة تحركت على طول سطح يسمى سطح الانزلاق.[7]



المصدر :- محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم ، مصدر سابق ، ص 32 .

يوجد في معظم أجزاء منطقة الدراسة تربة غير متماسكة متمثلة في كل من 7كم وحي السكك على عمق (0- 2 م) والعزيزية (التل) والسينما وحي الضباط على عمق (2- 8 م) وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وشارع عشرين وحي التقدم والصوفية وقرية العصرية وزوية البوفراج والبوعبيد، وفي هذه المناطق عند قيام بعمليات الحفر يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار الحماية الدائمة لميول جوانب الحفر أن

تستخدم الحوائط الساندة، كما يوضح الشكل (9–7) استخدام الصفائح الحديدية لمنع انهيار التربة في مدينة الرمادي.

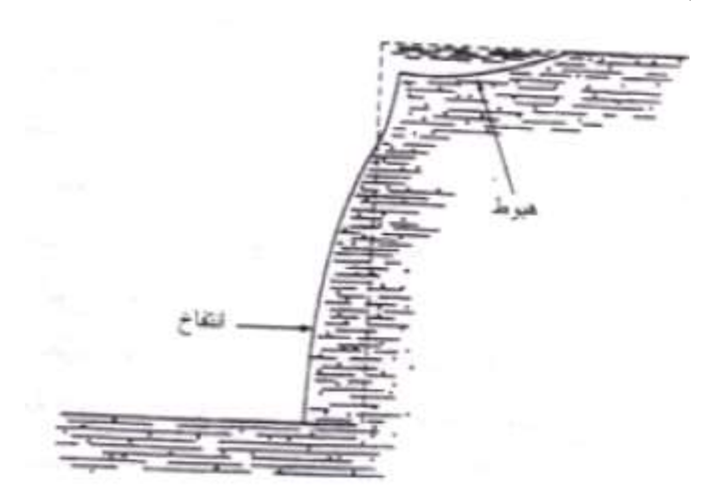


إذ بلغت زاوية الاحتكاك التربة في منطقة السينما (36,5ْ) على عمق (1,5–4,5 م)و(42,1ْ) على عمق (4,5–6 م)وبلغت زاوية احتكاك التربة في الصوفية بين (28– 31ْ) على عمق (0– 12 م) وبلغت زاوية الاحتكاك التربة في زوية البوفراج (32ْ) على عمق (3–7,5م).

وفي بعض الأجزاء الأخرى توجد ترب متماسكة في مناطق التأميم والحي الصناعي الغربي على عمق (1,5–5 م)الورار والجمعية على عمق (3– 10 م) سوق الجزارين وشارع المستودع على عمق (3– 10 م) وحي الضباط على عمق (1,5 م) والتأميم وحي الشركة وطوي والصهالات والحامضية والطالعة،إذ تكون زاوية الاحتكاك الداخلي لترب هذه المناطق أكبر من زاوية الاحتكاك الداخلي للترب غير المتماسكة.

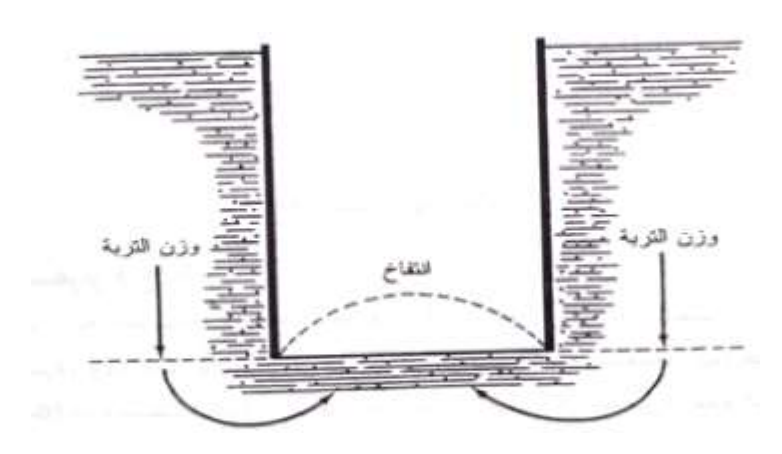
إن الحفر الرأسي في التربة المتماسكة يمكن أن يكون آمنا الى عمق يعتمد على مقاومة التماسك للتربة وزاوية الاحتكاك الداخلي، ويتراوح مدى هذا العمق بين أقل من (1,5م) للطين الناعم و(5,5 م) للطين المتوسط الصلابة، وفي الواقع فإنّ العمق الآمن للطين الصلب أقل من الطين المتوسط الصلابة،لأنّه يحتوي على صدوع تضعفه، فإنّ العمق الآمن للحفر غير المدعم بالصفائح الحديدية في الطين يكون آمنا لفترة قصيرة فقط،لأنَّه عند حفر الطين فان وزن التربة والأبنية والمنشآت على جوانب الحفر يسبب

انتفاخ الجوانب باتجاه الحفرة، أو يتحرك للداخل عند القاع، ويصاحبها هبوط التربة في أعلى الحفرة ، كما يوضح الشكل (9- 8) مخطط يبين هبوط التربة.



المصدر:- محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم ، مصدر سابق ، ص34.

وعندما تكون الجوانب مدعمة بالصفائح الحديدية فان قاع الحفرة سوف ينتفخ أو يرتفع بسبب وزن التربة على جوانب الحفرة ، كما في الشكل (9- 9) مخطط يبين انتفاخ التربة في قاع الحفرة.



المصدر: محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم ، مصدر سابق ، ص 36.

وهناك ترب في بعض المناطق واقعة بين المجموعتين السابقتين فتسمّى بالترب الضعيفة التماسك ، من حيث قوى الاحتكاك الداخلي، فإنّها تمتلك قوى تماسك ضعيفة التأثير،كما هو في كل من حي الصناعي الغربي والجمعية وشارع المستودع والملعب والدوار على عمق (3م)، والحوز وشارع ميسلون وزنكورة والطرابشة والبوذياب والجريشة والبوعلي الجاسم.

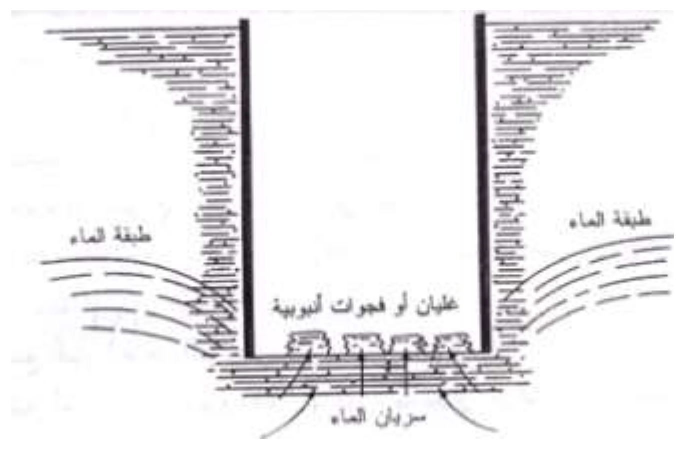
ومن العوامل التي تكون أكثر خطورة عدم استقرار جوانب الحفر في ترب هذه المناطق مثل عمق الحفر والخصائص المناخية ولاسيما الأمطار ،فضلا عن قرب منسوب المياه الجوفية من سطح الأرض.

3- محتوى التربة من الجبس

إن الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة التي تمتاز بارتفاع نسبة محتوى التربة من الجبس التي تكون زاوية الاحتكاك الداخلي كبير جدا في عمليات الحفر ،وتضعف هذه الزاوية نتيجة تعرض التربة الى المياه التي تؤدي الى انحلال المواد اللاصقة الخاصة بالجبس، فتكون ضعيفة وقابلة للانهيار، أما في حالة ذوبان الجبس وظهور فجوات وفراغات تحت الأنابيب التي تتعرّض الى الكسر بسبب ضغط الطبقة العليا للتربة، او نتيجة حركة مرور المركبات الثقيلة فوقها .

4-المياه الجوفية

تعرقل المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض عملية تنفيذ شبكة توزيع المياه أثناء الحفر، فإذا كانت جوانب الحفر مدعومة بالصفائح الحديدية وقاع الحفرة أقل من مستوى الماء الأرضي سوف يحدث تسرب المياه خلال قاع الحفرة، كما يوضّح الشكل (9- 10) غليان أو فجوات أنبوبية في قطاع المحفور.



المصدر: محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم ، مصدر سابق ، ص34.

وإذا كان ضغط الماء قويا بالقدر الكافي بحيث يحرك التربة تحت قاع الحفرة الى الأعلى فإنّ هذه الحالة تدعى الغليان أو الفجوات الأنبوبية،والتي تؤدي عادة هذه الحركة للترب الى انهيار التربة المحيطة أسفل القاع، كما في الشكل(9- 11)صورة توضح أثر المياه الجوفية في انهيار التربة.



كما تؤثر المياه الجوفية أيضا على أعاقة حركة العمال في مدّ وربط الأنابيب داخل الخنادق باستعمال الموصلات بين الأنابيب، فضلا عن دخول الأوساخ والترسبات داخل الأنابيب.

5-أثر ايونات الكبريتات والأملاح على مدّ أنابيب شبكة المياه:

تؤثر ايونات الكبريتات والأملاح الموجودة في تربة منطقة الدراسة من خلال التفاعل مع أكاسيد الحديد، مما يؤدي الى تآكل أنابيب شبكات المياه المدفونة في المناطق التي ترتفع فيها نسبة ايون الكبريتات أكثر من (5%)، في جميع عينات منطقة الدراسة ، كما موضّح في الجدول (9- 2) المار الذكر، عدا الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، ومنطقة الجمعية عدا عمق (1,5م) والورار وحي الشركة وسوق الجزارين والسينما وشارع المستودع وحي الضباط وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وحي التقدم والصوفية وطوي وزوية البوفراج،والتي تقل نسبة ايون الكبريتات أقل من (5%)، وتعد هذه النسبة كحد أعلى حسب المواصفات العراقية ويجب أن لا تزيد عن ذلك،وان ازدادت عن هذه النسبة أصبحت التربة ذات تأثير كبير وغير مرغوب به على أنابيب شبكات توزيع المياه، كما هو الحال في إنشاء شبكة أنابيب توزيع المياه عند بناء العمارات السكنية في الجهة الغربية من مدينة الرمادي مثل عمارات الزجاج في حي 30 تموز، ولم يؤخذ بنظر الاعتبار الإجراءات اللازمة في تخطيط شبكة أنابيب المياه والتعرّف على نسبة الكبريتات في تلك الترب، مما أدى الى تآكلها قبل إتمام عملية البناء ، لذا اضطرت الجهات المسؤولة الى استبدال الشبكة

بالكامل، وتم تغليف الأنابيب بمادة عازلة تمنع وصول الرطوبة اليها، والذي أدى الى صرف تكاليف أضافية وضياع الكثير من الجهد والوقت.

كما تعرّضت أنابيب شبكة توزيع المياه الى التآكل في ريف قضاء الرمادي، وخاصة عند تنفيذ تلك الأنابيب على جانبي المبازل التي تمتاز بارتفاع نسبة الأملاح في تلك الترب،الشكل (9–12) صورة تبين أثر ايون الكبريتات والأملاح في تآكل الأنابيب.



6–أنواع الأنابيب التي تستخدم في شبكات المياه

أ– أنابيب الآهين عمرها (10) سنوات،ولا تفضّل في وقت الحاضر لأنها تحتاج الى الصيانة المستمرة.

ب– أنابيب الاسبست عمرها (10– 15) سنة،ولا تفضل بسبب ثقلها في التحميل وكذلك تحصل فيها ثقوب شعرية تؤدي الى انكسارها.

ت–الأنابيب البلاستيكية عمرها (25 سنة) تصنع محليا،وهي مفضّلة لسهولة نقلها وربطها وتمتاز بمرونتها إثناء التنفيذ ولكن الأقطار صغيرة فقط.

ث–أنابيب الدكتايل عمرها (50 سنة) لا تصنع محليا إنما تستورد من الخارج، وهي الأفضل لكونها سهلة التنفيذ وتتحمل ضغوطا عالية، كما أنها لا تحتاج الى الصيانة إلا في حالات نادرة ، وتستعمل في الأقطار الكبيرة للأنابيب الرئيسة.[8]

وان أغلب أنابيب شبكات مياه الشرب والصرف الصحي في منطقة الدراسة التي تمد في وسط الطرق، فتتعرض الى التآكل والكسور، نتيجة حركة المرور المركبات الثقيلة فوقها أو أثر الخصائص الجيوتقنية للتربة،والتي يكون لها آثار غير واضحة في البداية أو بعد مرور فترة من الزمن فيتعرض الطريق الى الهبوط أو الانخساف في تلك المواضع، مما يتطلب الأمر الى عمليات حفر الطريق لمعالجة تلك الأنابيب، كما توضّح الصورة (9–13) تآكل وتكسر الأنابيب وتدمير الطرق في منطقة 5كم.



ثانيا– تخطيط شبكات الصرف الصحي

تعدّ عملية مدّ شبكة الصرف الصحي أكثر صعوبة من النوع الأول في قضاء الرمادي، إذ تحتاج عمليات نقل مياه الاستخدام البشري المتنوعة الى مجاري تنقلها الى أماكن محدده وأحواض تجميع أولية التي تعدّ كمرحلة أولى من تنفيذ مشروع تخطيط شبكة الصرف الصحي لمدينة الرمادي،والذي يتكون من أربعة أحواض تجميع هي حوض حي المعلمين وحوض تجمع بالقرب من تقاطع الأوقاف، كما في الشكل (9–14) إنشاء حوض تجميع بالقرب من تقاطع الأوقاف.



كما يوجد حوض في نهاية شارع عشرين بالقرب من حي البكر، اذ يتم نقل مياه تلك الأحواض الى حوض رئيسي يقع في شمال حي الملعب، ومن ثم تنقل مياه الصرف الصحي بوساطة محطات ضخّ حتى يتم إيصالها الى محطات المعالجة الرئيسة التي تقع جنوب شرق مدينة الرمادي في منطقة الكسير التي تبعد عن شارع ستين (500م) تقريبا، وقد كانت سابقا تنقل بالسيارات الى موقع مكب للنفايات، وتم إزالة تلك النفايات والتربة التي تحتها على عمق (6م)، كما في الشكل (9-15)صورة تبين عمليات ازالة طبقة النفايات.



ومن ثم ردم مكانها بتربة نظيفة صالحة للردم وقابلة للرصّ على شكل طبقات متتالية على كامل الارتفاع، كما في الشكل (9-16) صورة تبين ردم ورص موقع وحدة المعالجة الرئيسة.



والهدف الأساسي من الرصّ زيادة كثافة التربة والإقلال من الفراغات الموجودة فيه،مما يؤدي الى تخفيف التربة للانضغاط بعد تطبيق الحمولات على التربة، وبالتالي الإقلال من التشوّه والهبوط والى زيادة في استقرارية التربة،وبعد الانتهاء من تنفيذ أعمال الردم والرص فقد تم إنشاء وحدة المعالجة الرئيسية،والتي تعالج مياه الصرف الصحي في هذه المحطة، وبعد تصفية تلك المياه تصرف نحو بحيرة الحبانية،فيما يخص مياه الصرف الصحي .

أما أحواض مياه الأمطار التي تكون معزولة فيتم تصريف مياهها نحو أحواض خاصة بها وتصرف نحو نهر الفرات، وتكون قليلة التلوث نسبيا، إذ تعتمد درجة التلوث على مستوى تركيز الملوثات الموجودة على الشوارع والسطوح والساحات التي تسقط فوقها الأمطار، ويتم جمع هذه المياه وتصريفها مباشرة في نهر الفرات وقناة الورار دون معالجة، كما في الشكل (9–17)صورة توضح شبكة نقل مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار في مدينة الرمادي.



أما المرحلة الثانية للمشروع يتكون من (14) محطة تجميع مياه الصرف الصحي وشبكة نقل مياه الصرف، والتي تشمل جميع أجزاء مدينة الرمادي،وتوقف عمل هذا المشروع بالكامل بسبب الأوضاع الأمنية، أما شبكة الصرف الصحي القديمة في مدينة الرمادي تصب في نهر الفرات وقناة الورار، والمبزل أو الحفرية الذي يقع في شرق المدينة، ويواجه تنفيذ شبكة الصرف الصحي أثناء عمليات الحفر في ترب قضاء الرمادي مشاكل جيوتقنية عدة منها:

1- انهيار جوانب الحفر

عند تنفيذ شبكة الصرف الصحي تتعرض تربة بعض المناطق الى انهيار جوانب الحفر، كما هو في مناطق 7كم وحي السكك على عمق (2م) والعزيزية (التل) والسينما والشارع الرئيس مقابل مبنى المحافظة وحي الضباط على عمق (2-8)م وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وشارع (20) وحي التقدم والصوفية والقرية العصرية وزوية البوفراج والبوعبيد.

في حين توجد أجزاء أخرى تمتاز بترب ضعيفة التماسك تتأثر بعدة عوامل تزيد من انهيار جوانب الحفر ومنها عمق الحفر وارتفاع منسوب المياه الجوفية، مثل الحي الصناعي الغربي والجمعية وشارع المستودع والملعب والدوار على عمق (3م) والحوز وشارع ميسلون وزنكورة والطرابشة والبوذياب والبوعلي الجاسم، ففي جميع هذه المناطق يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار مشكلة انهيار جوانب الحفر باستعمال الصفائح الحديدية لدعم جوانب الحفر من الانهيار .

وعند تنفيذ حفريات في مدينة الرمادي ووجود مباني عالية مجاورة للحفر قد تتصدع بسبب زحف التربة المجهدة من تحت أساساتها الى الخندق، مما يؤدي الى تصدعها، كما في الشكل (9-18)صورة تبين زحف التربة المجهدة تحت الأبنية باتجاه الخندق.



والحل في مثل هذه الحالة الحفاظ على جوانب التربة من الانهيار وتكون مدعمة بالصفائح الحديدية، فضلاً عن ذلك عندما تملأ هذه الحفريات العميقة بالمياه، ومن ثم تسحب بعيدا عن الموضع سيؤدي الى خفض الضغط الهايدروستاتيكي، فيسمح ذلك بتحرك الطبقة التي كانت مشبعة بالمياه الى الأسفل لكي تحل ذرات التربة مكان الفراغ الذي تركته المياه، وان حدثت مثل هذه الحالة سوف تسبب شقوقاً وتكسراً في الأسس، وبالتالي سيؤدي الى تصدّع وهبوط في المباني العالية المجاورة للحفر.

2-أثر انتفاخ التربة في تخطيط شبكة الصرف الصحي

تسبب الترب الانتفاخية أضرارا كبيرة في شبكة الصرف الصحي، عندما تبدي التربة تغيرا في حجمها عند تغير محتواها الرطوبي، فيزداد حجمها مما يولّد ضغطا على شبكة أنابيب الصرف الصحي، فيؤدي الى تكسّر وتهشّم أو انفصال تلك الأنابيب بعضها عن البعض الأخر إذا كان ضغط الانتفاخ كبيرا، ولاسيما في المناطق التي تمتاز بقابلية التربة العالية على الانتفاخ في كل من شارع

ميسلون على عمق (6– 10 م) والورار على عمق (7,5– 10 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (1,5– 3 م).

بينما يكون تأثيرها متوسط وخاصة في بعض الأجزاء من منطقة الدراسة، وصنف شدة الانتفاخ بالمتوسط في كل من الطاش و 5كم على عمق (4,5– 10 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (3– 5 م) والورار على عمق (4,5– 7,5 م) وشارع ميسلون على عمق (3– 6 م) وسوق الجزارين على عمق (6– م 10) وشارع المستودع على عمق (4,5– 10 م) والجمعية والملعب على عمق (3– 10 م) وفي طوي والحامضية على عمق (1,5– 4,5 م) والطالعة على عمق (4,5– 6 م) والصهالات على عمق (4,5) والبوعلي الجاسم على عمق (3–6 م).

في حين لا يوجد أي تأثير وأضرار على الأنابيب عند تنفيذ شبكة الصرف الصحي وخاصة في المناطق التي سجلت فيها احتمالية الانتفاخ منخفضة في كل من عينات 7كم على عمق (4,5– 10 م) وحي السكك على عمق (2,5– 10 م) والتأميم وشارع المستودع على عمق (0–4,5 م) وسوق الجزارين على عمق (0– 6 م) وشارع ميسلون على عمق (3م) وحي الضباط على عمق (1,5م) والحوز على عمق (4,5– 10 م) والورار على عمق (0– 4,5 م) والصوفية على عمق (1,5م) وزنكورة على عمق (4,5 – 10 م) وحي الشركة على عمق (0–11 م) والبوعبيد والحامضية على عمق (1,5م) الطالعة على عمق (3م) والصهالات على عمق (0–4,5 م) والبوعلي الجاسم على الطرابشة عمق (0– 3 م).

أما في أماكن أخرى فتكون احتمالية الانتفاخ معدومة على أعماق محددة من العينات في منطقة الدراسة متمثلة في كل من الطاش و7كم و5كم على عمق (0–4,5 م) و حي السكك على عمق (0– 2,5 م)، وتمتاز هذه الأعماق بارتفاع محتوى الجبس في التربة الذي يقود الى تقليل كل من حدي السيولة واللدونة مع عدم حدوث تغير في قيمة دليل اللدونة،ويظهر واضحا في كل من الملعب والجمعية على عمق (0– 3 م) والذي صنفت تربتها ذات طمى رملي، والحوز وزنكورة على عمق (0– 4,5 م) وحي السكك على عمق (0– 2,5 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (1,5م) والصوفية على عمق (1,5– 10 م).

في حين إنّ بعض الأجزاء الأخرى سجلت احتمالية انتفاخ معدومة تماما في جميع أعماق العينة، كما في حي التقدم وحي المعلمين والسينما وزوية البوفراج والقرية العصرية .

3- أثر محتوى التربة من الجبس

تؤثر الترب الجبسية في تخطيط وتنفيذ شبكة الصرف الصحي والتي تسبب لها الكثير من المشاكل عند تسرّب المياه اليها، سواء كانت المياه السطحية أو مياه الأمطار أو المياه المتسربة من تلك الشبكة،والتي تضم مركبات كيميائية وعضوية معقدة، وكذلك أملاح ذائبة وعناصر معدنية متنوعة، مما يؤدي الى تغيير الخصائص الهندسية والميكانيكية للترب، وكما تسبب تلك المياه في إذابة المحتوى الجبسي وتكون فراغات وتكهفات حول الأنابيب، وهذا يؤدي الى تكسّر الأنابيب بسبب تباين ضغط التربة المسلط عليها من الطبقة العليا، او حركة المركبات الثقيلة،او يسبب هبوط التربة تحت الأحمال المسلطة فوقها، فضلا عن ذلك تصبح هذه المياه حاوية على كبريتات وأملاح لها تأثير تآكلي، ولاسيما في الأنابيب الحديدية والأهين والآسبست التي تتطلب صيانة مستمرة وبالتالي ارتفاع تكاليف الإنشاء.

كما يجب أن يؤخذ بالحسبان التدابير الأزمة في تخطيط وتنفيذ شبكة الصرف الصحي في المناطق التي سجلت أعلى نسب لمحتوى الجبس، ولاسيما في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة وخاصة في هضبتي الغربية والجزيرة الى أكثر من (40%)، في كل من الطاش و7 كم وحي السكك على عمق (1,5م) وبلغت (36%) في عينة 5كم و(35%) في القرية العصرية و(33%) في الدوار، ويتناقص محتوى الجبس مع العمق .

وقد تراوحت نسبة الجبس بين (10- 25%) على عمق (1,5)م في الجمعية وشارع ميسلون وزنكورة والطرابشة، لان في هذه المناطق نسبة محتوى الجبس يفوق الحد المسموح به ، الذي حدد من قبل المواصفات العراقية للطرق والجسور، ان لا تزيد النسبة عن (10%) في مواد الطبقات الأرضية و(5%) في مواد الطبقات ما تحت الأساس.

وقد سجّلت نسبة محتوى الجبس أقل من الحد المسموح به، والتي بلغت أقل (3%) في شارع المستودع وحي الضباط وسوق الجزارين وحي الشركة والصوفية وحي التقدم وزوية البوفراج والبوعبيد والحامضية والطالعة وبعض الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة .

وسجلت نسبة الجبس بين (3-10%) على عمق (1,5م) في كل من الورار وحي المعلمين والسينما وطوي، وان نسبة الجبس تتناقص مع العمق، وفي هذه المناطق لا يوجد أي مشاكل تواجه تخطيط وتصميم شبكة الصرف الصحي.

4- المياه الجوفية

تؤثر المياه الجوفية في منطقة الدراسة على عملية تنفيذ شبكة الصرف الصحي أثناء الحفر، وفي جميع مناطق قضاء الرمادي على عمق أكثر من (4م) بينما تتراوح مناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة ما بين (0,5- 3,6 م) تحت سطح الأرض، التي تؤدي الى أعاقة حركة العمال في مد وربط الأنابيب، كما في الشكل(9- 19) أثر المياه الجوفية في مد وربط الأنابيب في مدينة الرمادي.



إذ بلغت مناسيب المياه الجوفية أقل من (1م) في القطانة والعزيزية والثيلة والورار وحي العادل وحي البكر ،بينما تتراوح مناسيب المياه الجوفية بين (1- 2,5 م) في معظم أجزاء منطقة الدراسة، وتنخفض عن ذلك في هضبتي الجزيرة والغربية .

وتتفاوت أعماق الحفر بين بداية ونهاية شبكة الصرف الصحي، وعند وصول الأنبوب الى عمق معين توجد محطة ضخ (رفع) تقوم برفع منسوب مياه المجاري الى مستوى يمكنها من الانسيابية مجددا بتأثير عامل الانحدار ووصولا الى محطة الضخ التالية، أو محطة المعالجة في نهاية مسار الأنبوب، ويعتمد عدد المضخات ونوعها وطاقاتها على طول مسار الشبكة وكمية المياه الواجب ضخها وطبوغرافية الأرض، والتي تزيد من تكاليف الإنشاء.

ثالثا- تخطيط شبكة توزيع الكهرباء

إن توزيع الطاقة الكهربائية يحتاج أما الى أعمدة أو عبر كابلات في الأرض، وفي كلا الحالتين هناك صعوبات تواجه عمليات مد الكابلات أو الأعمدة ولاسيما في السفوح الشديدة الانحدار أوالمناطق الرطبة،كما يكون لعناصر المناخ تأثير على ذلك، ففي منطقة الدراسة تعمل مياه الأمطار والرياح على جرف التربة المحيطة بقواعد الأعمدة فتتعرض القاعدة الى التشقق والتكسر .

إن المناطق متباينة الارتفاع وقليلة التضرّس وجافة لا توجد مشكلة في تنفيذ شبكة التوزيع الكهرباء، أما في المناطق الغير مستوية ورطبة فتحدث بعض المشاكل، كما هو الحال في تنفيذ شبكة توزيع الكهرباء قبل التسوية في أجزاء الشرقية من منطقة الدراسة ما وراء كلية التربية للبنات، إذ تكون قاعدة الأعمدة (1,8م)،والتي أصبحت بعض أعماق قواعد الأعمدة أقل من ذلك، وبعض الأعمدة تصل الى (2,5م) تحت سطح الأرض بعد التسوية، وبالتالي تؤثر على بعد الأسلاك عن سطح الأرض،وتماس التربة بالأعمدة بشكل مباشر الذي يزيد من الصدأ والتآكل،فعند تنفيذ الشبكة يجب أنّ يكون هناك تعاون مع الدوائر الخدمية الأخرى مثل المجاري والماء والهاتف والطرق والجسور.

ويخترق نهر الفرات وقناة الورار منطقة الدراسة التي تواجه عملية تخطيط شبكة توزيع الكهرباء صعوبات أثناء مد الأسلاك عبرهما لسعة مجرى النهر والقناة،مما يولد ضغطا كبيرا على الأعمدة ،وكذلك الحال في سعة الشوارع الذي يسبب سقوط الأعمدة ، كما هو الحال في منطقة 5كم نتيجة لعرض الشارع وتغير اتجاه الشبكة الى الجهة الثانية في نفس الوقت،والذي يولد ضغطاً كبيراً على العمود مما أدى الى سقوطها، إذ تكون المسافة بين الأعمدة (50م) في الأراضي الزراعية،و(40م) في المناطق السكنية وفي بعض الأحيان أقل من ذلك بسبب أركان الفروع (20 -25م).

فضلا عن وجود بحيرات هلالية في منطقة الدراسة التي تقف عائقا أمام تنفيذ شبكة توزيع الكهرباء، والتي تمتاز بارتفاع المحتوى الرطوبي، وفي بعض أجزاء منطقة الدراسة ذات اللدونة العالية ترتفع مناسيب المياه الجوفية، وكذلك في بعض المناطق القريبة من المبازل التي تمتاز بارتفاع مياهها التي تؤثر على اللدونة في تلك المناطق، مما يؤدي الى سقوط الأعمدة، كما في الشكل(9– 20) سقوط الأعمدة في المناطق عالية اللدونة.



وقد تتعرض شبكة الكهرباء في ريف قضاء الرمادي الى مشاكل كثيرة لكونها تمد ضمن الأراضي الزراعية المعرضة للإرواء بين فترة وأخرى، والذي يزيد من رطوبة التربة والتي تؤثر على قاعدة الأعمدة، مما يؤدي الى تفتتها وتسبب صدأ وتآكل الحديد، أو ضعف صلابة التربة حول قاعدة الأعمدة التي تصبح آيلة نحو السقوط،كما الشكل(9– 21)صورة تبين أعمدة آيلة نحو السقوط في ريف مدينة الرمادي.



كما يؤثر ارتفاع نسبة الجبس في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة في تخطيط شبكة توزيع الكهرباء عندما تتعرض الى المياه السطحية أو مياه الأمطار التي تعمل على إذابة الجبس حول قاعدة الأعمدة والتي تضعف قابلية التربة على التماسك بين جزيئاتها فتؤدي الى سقوط الأعمدة .

كما تهاجم ايون الكبريتات والأملاح الموجودة في تربة قاعدة الأعمدة، والتي تعمل على حدوث شقوق في قاعدة الأعمدة،ولها قابلية أيضا على التفاعل مع أكاسيد الحديد التي تؤدي الى تآكل الأعمدة، ولاسيما في المناطق التي ترتفع فيها نسبة ايون الكبريتات أكثر من (5%) متمثلة في كل من 18كم و7كم والطاش و5كم وحي السكك والجمعية والحوز والملعب والقرية العصرية والدوار والطرابشة، ويجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار الإجراءات اللازمة في تنفيذ شبكة توزيع الكهرباء في تلك المناطق.

رابعا– مد شبكة الهاتف

تحتاج عملية توفير خدمات الهاتف الى مدّ كابلات وإنشاء كابينات ومحطات توزيع،إن عملية مدّ الكابلات عبر أراضي منطقة الدراسة يواجه بعض المعوقات ولاسيما في ريف مدينة الرمادي،ولا يمكن مدّ الكابلات في الأراضي الزراعية التي تمارس فيها عمليات الإرواء والحراثة،مما يتطلب مدها عبر شبكة الطرق والمشاريع الإروائية والمبازل التي تعدّ طرق رئيسة في ريف قضاء الرمادي،كما توجد طرق فرعية ضمن الأرض الزراعية وتكون ملتوية او زجزاجية حسب ملكية الأراضي للإفراد ،مما يؤدي الى زيادة كلفة إيصال تلك الخدمة.

كما يتحكم نهر الفرات وقناة الورار في مسار مد الكابلات،لذا يتم الإستفادة من الجسور المقامة على تلك الأنهر لمدّها الى الضفة الأخرى،كما يحتاج مد الكابلات الى عمليات الحفر التي تتعرض الى مشاكل تواجها من حيث انهيار التربة ومستوى المياه الجوفية سالفة الذكر.

فضلا عن ارتفاع نسبة الرطوبة في التربة ومحتوى الكبريتات والأملاح التي قد تسبب في التآكل الطبقة العليا للكابلات،وتتطلب عملية توفير خدمات الهاتف الى أنشاء الكابينات والتقاسيم وأعمدة التوزيع التي تثبت في الأرض عن طريق القوالب الكونكريتية التي تتعرض الى التشقق والتفتت والصدأ وتآكل الأعمدة بسبب ارتفاع محتوى الرطوبي ونسبة ايون الكبريتات والجبس والأملاح في مناطق الدراسة سالفة الذكر.

المبحث الثالث – تخطيط الطرق وإنشاء الجسور

يتضمن هذا المبحث تحليلا لأثر الخصائص الجيوتقنية في بناء ومد الطرق وإنشاء الجسور في منطقة الدراسة،والتي تتباين فيها تلك الخصائص بصورة عامة من منطقة الى أخرى،وان هذا التباين الذي يحدد اتجاهات شبكة طرق النقل وتحديد مساراتها وتحديد مواقع الجسور الملائمة التي تقام على نهر الفرات وقناة الورار، ولغرض تغطية الموضوع بشكل أفضل سيتم تناول تخطيط الطرق وإنشاء الجسور كل على حده لمعرفة المشاكل التي تواجه كل نشاط والحد منها في كل نوع وكما يأتي :

أولا– تخطيط الطرق

يختلف تخطيط الطرق عن غيرها من المشاريع لأنّها لا تحتل موضعا معينا على مساحة محددة بل تمتد لمسافة طويلة وضمن مناطق ذات أشكال وتكوينات متنوعة، وقد يؤدي إهمال بعض المشاكل الى تدمير الطريق وعرقلة المرور فوقه، وربما تكون التكاليف معالجتها باهضة مقارنة بتكاليف المعالجة منذ البداية،وتتكّون الطرق من ثلاث طبقات رئيسة وكما يأتي.[8]

أ– الطبقة السفلى أو تحت الأساس.

تعد هذه الطبقة ذات أهمية كبيرة لتركز ضغط حركة المركبات عليها عبر الطبقات التي تعلوها، وعليه أي خلل فيها تنعكس أثاره على تلك الطبقات فيتعرّض الطريق الى التشقق والهبوط ،لذا يجب أن تكون طبقة متماسكة وصلبة ولا تسمح للمياه بالتسرّب خلالها، وعليه يتم ضغطها بمكائن ثقيلة لزيادة تماسكها وصلابتها.

ب– طبقة الأساس

تقع فوق الطبقة السابقة ويتركز عليها ثقل المركبات، والذي يتوزّع بشكل متساوي على أجزاء تلك الطبقة، فيكون تأثيرها على التي تحتها أقل، لذا يجب أنّ تتمتع بمتانة عالية بحيث لا تتأثر بعناصر المناخ.

ت– الطبقة السطحية

وتمثل الجزء العلوي أو السطحي من مكونات الطريق، والتي تكون عبارة خرسانة ممزوجة من القير أو الإسفلت أو الأسمنت والحصى المتوسط الحجم أو الصخور المجروشة والتي تمزج وفق مقادير معينة، وأي زيادة أو نقصان في هذه المقادير تسبب مشاكل كثيرة في الطرق.

وإن المسافة الطويلة التي يمتدّ عبرها الطريق والتي يتباين من خلالها الخصائص الجيوتقنية فبعضها جيد والبعض الآخر غير جيد ويحتاج الى معالجة، ويتّضح أثر الخصائص الجيوتقنية في تخطيط الطرق بما يأتي:

1- مظاهر السطح

يتميز سطح منطقة الدراسة بانبساط الاجزاء الشرقية ضمن السهل الرسوبي، وتموّج اجزاء من الجهة الغربية الواقع ضمن الهضبة، لذا يواجه مدّ الطرق مشاكل عدة تحتاج الى معالجات وإجراءات لتجاوزها، إذ تدفن المناطق المنخفضة بتكوينات صلبة لرفع مستواها الى مستوى الأراضي المرتفعة المحيطة بها للحفاظ على مستوى واستقامة الطريق حسب المخطط المعد لمدّ الطريق،وربما يتطلب الأمر رفع بعض التكوينات واستبدالها بأفضل منها ذات قدرة تحمل عالية ،فقد تختلف أنواع الترب من حيث مدى صلاحيتها للردم أو كأرض طبيعية تحت الردم أو أسفل الحفر، أو كطبقة أساس للطرق والمطارات، كما في الجدول (9- 3) تصنيف التربة للانضغاط والردم.

الرمز	نوع التربة	قابلية الترب للانضغاط والانتفاخ	صلاحيتها للردم	صلاحيتها كأرض طبيعية او أسفل الحفر	صلاحيتها كطبقة أساس للطرق والمطارات	قابليتها للرص
GW	حصى جيد التدريج	لا	جيدة	ممتازة	جيدة	جيدة
GP	حصى سئ التدريج	لا	مقبولة	ممتازة الى جيد	ضعيفة الى مقبولة	جيدة
GM	حصى طمى	قليل	مقبولة	ممتازة الى جيد	مقبولة الى ضعيفة	جيدة
GC	حصى طيني	قليل	مقبولة	جيدة	جيدة الى مقبولة	جيدة الى مقبو
SW	رمل جيد التدريج	لا	جيدة	جيدة	مقبولة الى ضعيفة	جيدة
SP	رمل سئ التدريج	لا	مقبولة اذا كانت كا	جيدة الى ملائم	ضعيفة	جيدة
SM	طمى رملي	قليل	مقبولة اذا كانت كا	جيدة الى ملائم	ضعيفة	جيدة
SC	طين رملي	وسط	مقبولة	جيدة الى ملائم	مقبولة الى ضعي	جيدة الى مقبو
ML	طمى ضعيف اللدون	وسط	ضعيفة	مقبولة الى ضعي	مرفوضة	مقبولة
CL	طين ضعيف اللدون	وسط	جيدة	مقبولة الى ضعي	مرفوضة	مقبولة
OL	عضوي ضعيف اللدو	وسط الى عالي	غير قابلة للاستعم	ضعيفة	مرفوضة	ضعيفة
MH	طمى عالي اللدونة	عالية	غير قابلة للاستعم	ضعيفة	مرفوضة	ضعيفة
CH	طين عالي اللدونة	عالية جدا	ضعيفة	ضعيفة	مرفوضة	ضعيفة

OH						
				جدا		
OH	عضوي عالي اللدونة	عالية	غير قابلة للاستعمال	ضعيفة جدا	مرفوضة	ضعيفة

ويتّضح من الجدول أنّ صلاحية التربة للردم في منطقة الدراسة تكون غير صالحة للردم بسبب ارتفاع محتوى التربة من الجبس في 18كم والطاش وحي السكك و 5كم و7كم والحوز والدوار وقرية العصرية وزنكورة والطرابشة، في حين تكون صلاحيتها مقبولة في كل من التأميم على عمق (4م)وشارع ميسلون والعزيزية (التل) على عمق (1,5م)والسينما على عمق (4,5م) وحي الضباط على عمق (0–5,5 م) وحي المعلمين على عمق (0– 10 م) وتقاطع الأوقاف على عمق (0 – 8م) وحي الشركة على عمق (0–2,5 م) وحي التقدم على عمق (0– 10 م) والصوفية على عمق (1,5– 10 م م) والملعب على عمق (0– 3 م) وقرية العصرية على عمق (0– 15 م) وزنكورة على عمق (1,5م) وزوية البوفراج على عمق (1,5– 15 م) والصهالات على عمق (1,5م).

أما في بعض أجزاء منطقة الدراسة تكون صلاحية التربة للردم ضعيفة،كما في تقاطع السيراميك وزويّة البوفراج والصوفية والبوعبيد على عمق (1,5م) والجمعية وشارع مستودع والدوار والطرابشة على عمق (3م)، وفي بعض الأجزاء تكون صلاحيتها للردم جيدة مثل الورار على عمق (0– 7,5 م) وحي السكك على عمق (2– 8,5 م) وسوق الجزارين على عمق (0– 10 م) وشارع المستودع على عمق (3– 10 م) ، بينما تكون غير قابلة للاستعمال في الطالعة والبوذياب والحامضية على عمق (1,5م).

وفي حالة اعتراض الطريق أراضي مرتفعة في جانب وأراضي منخفضة في جانب آخر للطريق كما هو الحال في الطريق بين الرمادي – هيت فعند سقوط الأمطار الغزيرة ينتج عنها سيول عارمة في أودية بعضها عميقة وواسعة والبعض الآخر صغيرة ومتشعبة الى عدة مجاري، والتي تنقل المياه من أعلى المرتفعات الى أسفلها فتعمل على تآكل التربة على جانبي الطريق فتسبب في انهيار وتلف الطرق التي تمر عبرها، لذا يجب اتخاذ التدابير اللازمة وإنشاء جسور وقناطر وبأوضاع ملائمة تمر من تحت الطريق لتأمين نقل أكبر موجة من المياه الى الجهة الأخرى، وهذا ما يزيد من تكاليف الإنشاء، كما في الشكل (9–22) مناطق متباينة الارتفاع في منطقة زنكورة.



فضلا عن وجود بحيرات هلالية مثل بحيرة البوشعبان شمال غرب البوعلي الجاسم وبحيرة البوذياب في الجهة اليسرى لنهر الفرات، وبحيرة الصوفية في الجهة اليمنى من النهر ، وهذه البحيرات تمتد لمسافات تصل الى بضع كيلومترات،ولسعتها وضعف صلابة تكوينها لتشبعها بالمياه وصعوبة إنشاء جسور عليها ،لذا لا يمكن مدّ الطريق عبرها،وعليه يجب الابتعاد عنها نحو مناطق أفضل في خصائصها وأقل كلفة ومشاكل.

أما في ريف قضاء الرمادي فتكون تربتها جزء من تربة السهل الرسوبي التي تمتاز بانبساط سطحها والتي تسهل عملية مدّ الطرق فوقها من حيث المبدأ،إلا أنَّ المشاكل التي تعترض ذلك كثيرة تظهر عند القيام بالتنفيذ،إذ تكون تربتها رسوبية منقولة ضعيفة التماسك والتحمل،لذا يتعرّض الطريق الى الهبوط ولاسيما عند مرور مركبات الحمل الثقيلة،والتي تحتاج الى معالجة لتحسين خواصها أواستبدالها.

فضلا عن وجود قنوات الري والبزل والتي تمتد على شكل شبكات تتقاطع مع الطريق في عدّة مواقع، ويحتاج ذلك الى قناطر وجسور فتزداد كلفة الطريق، فضلا عن المشاكل التي تتعرض لها الطبقة السطحية للطرق التي يترتب عليها سرعة ظهور التشقق عليها نتيجة لقلّة سمك القير أوالإسفلت غير كاف، أو الإهمال في إنشائها، أو زيادة القير تكون الخلطة لينة وقابلة للتمدد عند ارتفاع درجة الحرارة، أما إذا قلّت نسبة القير وازدادت نسبة الحصى أو الحجر فيكون الطريق خشن وذا مسامية عالية تسمح بتسرب المياه في داخل مكونات الطريق فتعمل على أضعاف تماسكه.

ومن المشاكل الأخرى عدم العناية بتصميم جوانب الطرق أو قلّة سعة الطرق لا يتجاوز (3م) وعندما تضطر سيارات النقل الثقيلة بمجموعة من إطاراتها الخروج عن حدود الرصف، فيؤدي الى تآكل جوانب الطرق وما تستلزمه من ترقيع وإصلاح الطبقة السطحية.

أما شبكة المبازل التي تتقاطع معها الطرق فإنّها تسبب مشاكل في طبقة التربة الطبيعية الأساس والطبقة السفلى،أو تحت الأساس نتيجة الحفريات المجاورة للطرق والإجهاد المفرط تحت الأثقال المسلطة للمركبات الثقيلة،والتي تؤدي الى زحف التربة من تحت الطرق باتجاه الحفر وبالتالي حدوث هبوط وتشقق وتنقر الطبقة السطحية للطريق (التبليط) لمسافات تصل عدة أمتار،على الرغم أنها حديثة التنفيذ لا تتجاوز ستة أشهر من تاريخ التبليط.

2- تغير لدونة التربة

إن أنواع التربة التي لها مؤشرات لدونة عالية تكون غير مرغوبة للطبقات الحاملة للطرق او لطبقات الأساس عن تلك التربة التي لها مؤشرات اللدونة المنخفضة.

فالتربة غير اللدونة (NP) تكون مواد جيده للطرق عندما يتم حصرها تحت طبقة التآكل السطحية،وتكون أسطح متينة قوية الأحمال عندما تبلل وتدك وتتزحزح بسهولة تحت الحمل، واستخدامها لطبقة الأساس المتمثلة في بعض أجزاء منطقة الدراسة في الورار والحوز وشارع ميسلون على عمق (1,5م) وحي الضباط وحي المعلمين وحي التقدم والصوفية وزوية البوفراج على عمق (1,5- 10 م) والجمعية والملعب على عمق (0- 3 م) وزنكورة على عمق (0- 4,5 م)،والتي تكون ذات تربة كاملة التدرج مكونة من الرمل والطين والغرين، أو سئ التدرج ومن خواصها التماسك والاحتكاك الداخلي كبيرين، والتمدد والانكماش والمرونة والخاصية الشعرية غير خطرة، أما سلوكها كأرض أساس ثابتة تحت الأثقال بغظ النظر عن درجة الرطوبة وتصلح لطريق ترابي.

وفي بعض أجزاء منطقة الدراسة التي تمتاز بترب عالية اللدونة التي تتراوح قيم اللدونة بين (20- 40%) متمثلة في كل من شارع ميسلون على عمق (3- 9 م) وطوي وزوية البوفراج على عمق (1,5م) وسوق الجزارين على عمق (1,5- 10 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (1,5- 3 م) وشارع المستودع والملعب على عمق (4,5- 6 م)، وبعض الأجزاء الشمالية من منطقة الدراسة ولاسيما

في المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الطين، فان زيادة المحتوى الرطوبي بين حبيبات التربة يسبب في وجود الكثير من المشاكل في تخطيط وتصميم الطرق، فإنّ التربة تكون أكثر ضعفا عند محتويات الرطوبة المرتفعة،وعندما يتحد ضغط الهواء والماء الموجود في فراغات طبقة التربة السفلى تحت الأساس أو طبقة الأساس أو الطبقة السطحية مع القوى الناتجة عن حمل المركبات الثقيلة فوق الطرق يؤدي ذلك الى زحزحة مواد جسم الطريق، فينتج عن ذلك ارتفاع المناطق المحيطة بممرات العجلات، ويتزايد الانحناء الناتج عن تغير في محتوى اللدونة بتكرار مرور المركبات ،مما يؤدي الى انهيار أسطح الطرق، ويزداد طول الانزلاق بمرور الزمن، ويعزى ذلك الى وجود غرين وطين مفكك، ومن خواصها الاحتكاك الداخلي متغير والخاصية الشعرية كبيرة ومضرة،أما سلوكها كأرض أساس تكون ثابتة عندما تكون جافة أو درجة الرطوبة قليلة، ويفقد الثبات عند التشبع بالمياه.

أما في حالة وجود نسبة عالية من الطين يكون قليل الاحتكاك،والمرونة والخاصية الشعرية تسبب أضراراً للطرق، لا يصلح كأرض أساس إلّا بعد التجفيف والكبس.

وتعني المرونة أنَّ التربة قابلة للانضغاط تحت الحمل،وعادة ترجع التربة الى وضعها عندما يزال الحمل،والمرونة شائعة في أنواع التربة التي تتكون من حبيبات ناعمة مثل الميكا،ويمكن التعرف عليها في إثناء عمليات الإنشاء بفعل خاصية (المطاطية) المميزة لها،اذ تنضغط تحت أحمال العجلات الثقيلة ثم تعود الى وضعها بعد زوال الحمل،وبتكرار هذه العملية تفقد التربة تقريبا كل قوتها، لذلك يجب إزالة التربة ذات المرونة العالية بالقرب من سطح الطريق إذا كان هناك تكرار كثير لمرور الأحمال الثقيلة من فوقها، التي تكون كافية لإحداث انهيار وإجهاد في الطبقة السطحية للطرق.

3-أثر النفاذية في تخطيط الطرق

تعني النفاذية سرعة مرور المياه خلال أنواع التربة، فالتربة الخشنة التدرج مثل الركام الخشن عالية النفاذية لا تحتفظ بالرطوبة والماء ولا تتأثر بالخاصية الشعرية،أما الطين والتربة الناعمة التدرج تكون قليلة النفاذية، وتكون قابليتها على امتصاص الماء بفعل الخاصية الشعرية أكثر بكثير من التربة الرملية ذات الحبيبات الخشنة،اذ ينتج عنها مشاكل خطيرة للطرق لأنها توفر مصدرا للرطوبة وبالتالي يحدث الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف،والذي يؤدي الى تلف وتشقق الطبقة السطحية للطرق،

ولاسيما في المناطق التي تمتاز بارتفاع نسبة الطين في مكوناتها، كما هو الحال في التأميم والورار وسوق الجزارين وحي الضباط وطوي والطالعة والبوذياب والصهالات والحامضية والبوعلي الجاسم التي صنفت تربتها بأنّها طين ضعيف اللدونة وطمى عالي اللدونة وطين رملي.

ومما تقدّم فإنَّ أنواع التربة ذات النفاذية الكبيرة تعدّ مادة ممتازة للتربة الحاملة للطريق متمثلة في الترب السطحية في منطقة الدراسة في الجمعية والحوز وشارع ميسلون والعزيزية(التل) والسينما وشارع المستودع وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وحي التقدم وحي الشركة والصوفية والملعب وزنكورة والطرابشة وزوية البوفراج التي صنفت التربة هذة المناطق الى طمى ضعيف اللدونة وطمى رملي ورمل سئ التدرج مع طمى رملي، كما ورد في الجدول (9– 3) المار الذكر.

4– أثر محتوى التربة من الجبس في طبقات الطرق

إن الضرر الحاصل للطرق نتيجة وجود الجبس بسبب تبلوره أو ذوبانه مزدوج، ويحدث عندما تتحرك الأملاح الذائبة الموجودة في جزء من ركام طبقات الأساس، أو في مواد الطبقات الإسفلتية نحو الأعلى، ونتيجة لتبخر الماء تحصل عملية التبلور بمحاذاة الطبقة السطحية مؤدية الى تشقق السطح.

أما ذوبان الجبس الناتج عن حركة المياه سواء كانت المياه الجوفية أو مياه الأمطار أو تسرّب المياه السطحية إليها تكون ذات تأثير تدميري على المواد الحاملة للطرق التي تتعرّض الى أضرار حادة في طبقات التبليط على شكل شقوق وهبوط تفاضلي نتيجة ذوبان الجبس تحت الطرق.

إن التربة التي تحت الأساس يجب أنْ لا تحتوي على أكثر من (2%) من الأملاح الذائبة لضمان سلامة الطرق، وتجنب الأضرار التي يمكن أنْ تحصل لطبقات التبليط.[9]

وفي منطقة الدراسة تفوق نسبة محتوى التربة من الجبس في معظم أجزاءها، اذ سجلت نسبة محتوى الجبس أكثر من الحد المسموح لها (10%) في مواد الطبقات الأرضية على عمق (1,5م) في 18 كم والطاش و7كم و5كم وحي السكك والجمعية والحوز والملعب والدوار والقرية العصرية وزنكورة والطرابشة، وعند تصميم وتخطيط الطرق في هذه المناطق يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة من حيث إزالة التربة الجبسية واستبدالها بتربة صالحة للردم على شكل طبقات ومن ثم تحدل عن طريق تسليط الثقل

بواسطة الحدل والدك أو الاهتزاز، للحصول على زيادة في كثافة التربة بتقليص الفراغات والفجوات وذلك بطرد الهواء والماء منها.

فضلاً عن ذلك تتعرّض الطرق الى مخاطر في هذه المناطق منها حدوث تآكل وذوبان الجبس تحت الطرق نتيجة تدفق مياه الأمطار أو تصل المياه الى الطرق والشوارع من الأراضي المجاورة أكثر ارتفاعا بشكل مجار مائية صغيرة متعددة وتمريره باتجاه الطريق،أو وجود أراضي منخفضة بجانب الطرق التي تتجمع فيها مياه راكدة،والتي تتسرب تحت الأساس فتسبب ذوبان الجبس،ويؤدي الى انهيار الطبقة السطحية للطرق (التبليط)، فيجب صرف كل المياه بعيدا عن جوانب الطريق،إضافة الى تصميم الهيدروليكي فيما يختص بالميول العرضية للطرق، والتي تساعد على تحرك المياه وعدم تجمعها فوق الطرق،وبالتالي تكون مرتبطة بالمجاري المفتوحة أو القنوات المغلقة لنقل المياه بعيدا عنها للتخلص من آثارها.

وتراوحت نسبة الجبس بين (3− 10 م) في الورار وحي المعلمين والسينما وطوي، في حين سجلت نسبة الجبس أقل من (3%) في شارع المستودع وحي الضباط وسوق الجزارين وحي الشركة والصوفية وحي التقدم وزوية البوفراج والبوعبيد والحامضية والطالعة،وبعض أجزاء الشمالية من منطقة الدراسة، وان نسبة الجبس تتناقص مع العمق، وفي هذه المناطق لا توجد أي مشكلة في تخطيط الطرق.

وتغطي بعض أجزاء منطقة الدراسة رواسب غير متماسكة هشّة وضعيفة التحمل،لذا تتعرض الطرق الى الهبوط والانخساف عند مرور المركبات الثقيلة فوقها، وعلية تحتاج مثل تلك التكوينات الى معالجة من خلال خلطها بمواد تسهم في تحسين خصائصها أو إزالة التربة الضعيفة التحمل واستبدالها بأفضل، كذلك الحال بالنسبة للطريق في مدخل مدينة الرمادي الشرقي،والتي تم إزالة التربة مغدقة بالمياه وضعيفة التماسك على طول المبزل وتحويلها الى مجاري مغلقة، ومن ثم إضافة تربة صالحة للردم ذات خواص أحسن وقابلية أفضل للرص، وتفرش وتحدل على شكل طبقات أفقية متعاقبة وترص كل طبقة قبل وضع الطبقة التالية فوقها،ومن الضروري السيطرة على المحتوى الرطوبي للتربة المطلوب حدلها وجعله يقترب من الحد المثالي،يعني إذا كانت التربة جافة جدا فإنها ترش بالماء،أما أذا كانت التربة

رطبة جدا فإنها تحرث وتترك لتجف إذا ساعد الطقس على ذلك، وهذا بطبيعة الحال سيؤدي الى تأخر العمل وارتفاع تكاليف الإنشاء.

كذلك الحال فيما يخص مجاري الأنهار المطمورة او المتروكة التي تتكون من رواسب رملية ضعيفة التحمل التي تغطيها طبقة رقيقة من الطين، فعند مدّ الطرق فوقها تتعرض الى الهبوط،وربما يصل مستوى المطبات الناتجة عن الهبوط الى حدّ لا يمكن أن تمرّ السيارات الصغيرة والمتوسطة عليها، وهذا ما حدث في شارع (17) تموز في مدينة الرمادي،اذ تعرض هذا الطريق المار فوق نهر مطمور لمسافة لا تزيد عن (1 كم) الى الهبوط لمرور المركبات الثقيلة علية، وتمت معالجته بحلول ترقيعية عدة مرات والتي لم تجدِ نفعا، وآخرها هو رفع تلك التكوينات واستبدالها بصخور صلبة،وقد كانت تكاليف المعالجة تفوق كلفة إنشاء هذا الجزء من الطريق بأكثر من ضعفين.[10]

5-اثر مستوى المياه الجوفية في تخطيط الطرق

إن لوجود المياه الجوفية قريبه من سطح الأرض تسبب مشاكل متعددة،فإنّه يقلل من قابلية تحمل التربة تحت إثقال المركبات فوق الطرق، كما تسبب صعوبات في المناطق التي يحدث فيها انتقال الرطوبة نتيجة الخاصية الشعرية غير المرغوبة في التربة التي تقع فوق مستوى الماء الجوفي تكون في حاله الإشباع الكلي او الجزئي تبعا لبعدها عن منسوب المياه الجوفية،وكذلك نوعية التربة من حيث قابلية الامتصاص، وهذا يتوقف وبشكل أساسي على حجم حبيبات التربة، وبالتالي على نوعيتها،أي إن التربة الطينية تكون قابليتها على امتصاص الماء والاحتفاظ به،ومن ثم الانتفاخ مما ادي الى حدوث مشاكل في الطبقات السطحية للطرق،فهي تربة غير صالحة ويجب عدم استعمالها في المناطق القريبة من أسفل سطح الطريق،ويظهر ذلك في مناطق التأميم، والحي الصناعي الغربي والورار والجمعية وسوق الجزارين وحي الضباط الملعب وطوي والطرابشة والطالعة والبوذباب الصهالات والحامضية البوعبيد، وقد تراوحت مناسيب المياه الجوفية في هذه المناطق بين (0,5-2,1م)،وعلى عكس التربة الرملية ذات الحبيبات الخشنة تعدّ أكثر الترب صلاحية للطرق والمتمثلة في كل من الحوز والعزيزية(التل) والسينما وشارع المستودع وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وحي التقدم وحي الشركة والصوفية وزوية البوفراج

،وتراوحت مناسيب المياه الجوفية في هذه المناطق بين (0,8- 1,7 م) نتيجة ضعف فعل خاصية الشعرية وقليل اللدونة والانكماش والانتفاخ.

اما في حالة ارتفاع المياه الجوفية سوف تسبب مشاكل للطرق في المناطق التي ترتفع فيها نسبة الجبس، كما في مناطق 18كم والطاش و7كم و5كم وحي السكك والجمعية والحوز والملعب والدوار والقرية العصرية والطرابشة، فقد يؤدي ذوبان التربة الجبسية الحاملة للطرق الى حدوث تشققات كبيرة وانهيارات متعددة في الطبقة السطحية للطرق.

ثانيا- تخطيط الجسور والنواظم على مجاري الأنهار والأودية الجافة

1-الجسور

تقام الجسور لتأمين استمرار الطريق عبر مجاري الأنهار والأودية،وتتكون من جسم الجسر والمساند التي تنقل ثقل الجسم، وما عليه بصورة عمودية الى الصخور الأساس،إن طبيعة القوى التي تنقلها هذه المساند تعتمد على شكل وتصميم الجسر، فالجسور التي تشيد مع الخطوط السريعة في منطقة الدراسة تستخدم المساند الجانبية أو الوسطية أو كلاهما، كما هو الحال في جسور المقامة على نهر الفرات وقناة الورار في منطقة الدراسة،متمثلة بجسر المرور السريع وجسر البوفراج والصوفية والورار وجسر مستشفى الولادة والقاسم.

2-النواظم

وتعد النواظم من المنشآت الهندسية المهمة التي أقيمت على النهر الفرات وقناة الورار متمثلة في ناظم سدة الرمادي الذي يقع غرب الرمادي بمسافة (2كم) على نهر الفرات، تم إنشاؤه من قبل شركة هايانت الفرنسية عام 1956 وبطاقة تصميمية (3600)م3، ويتكون من (24) بوابة عمودية منزلقة بأبعاد منزلقة بإبعاد(6×8 م) وباب ملاحة عرضة (6م) مع بوابتين (6×8 م) وممر اسماك، كان الغرض من إنشاؤه حجز المياه ورفع منسوب للإرواء أو درء مخاطر الفيضانات،وخزن الفائض في بحيرة الحبانية عن طريق ناظم الورار الذي يقع غرب مدينة الرمادي ويبعد عن سدة الرمادي (462م)،وتم إنشاؤه من قبل شركة بلفور بيتي الإنكليزية عام 1952،وبطاقة تصميمية تصل الى (2800)م3/ثا،ويتكون الناظم من (24) بوابة عمودية منزلقة بإبعاد (6×7,5 م)،ويبلغ طوله (197م)، والغرض من إنشاؤه السيطرة

على تصريف المياه الفائضة عن الحاجة في موسم الفيضان الى بحيرة الحبانية عن طريق قناة الورار ،والتي يبلغ طولها (8,5)كم،وبتصريف تشغيلي (1600م3/ثا)،وان كميات تصريف المياه يجب أن يؤخذ في نظر الاعتبار في تصميم الجسور ،وتكون على ارتفاع عال وبطاقة تصميمية أعلى من السدود، بحيث لا تؤثر عليها موجة فيضان يحتمل أن يشهدها النهر للحفاظ على الجسور من التدمير التي يترتب عليها خسائر مادية وبشرية.

وعلى هذا الأساس يجب معرفة سمك الغطاء الترابي السطحي وعمق الصخور الصلدة التي يمكن أن تصلح كصخور أساسية، أو تحديد أفضل عمق الذي يمكن عنده أنْ يتحمل وزن الجسر ،ومعرفة طبيعة الطبقات تحت السطحية ومدى قابلية تحملها، وأفضل وسائل المعالجة لها ،ومعرفة نسبة محتوى التربة من الجبس.

وفي حالة تشييد الجسور فوق الوديان العريضة أو فوق الأنهار فغالبا ما تشكل هذه المواقع ضعف تكتوني، إضافة الى كون جوانبها تعاني من التفكك والتعرية،وعليه يجب أن يكون هناك تحريات جيولوجية وهيدرولوجية،ومثل هذه الحالة يجب اختيار الموضع المناسب الذي يمتاز بالأستقرارية والجيولوجية الأفضل،واختيار أضيق المناطق ضمن مجرى النهر لغرض الأمان وأقل التكاليف،ويمكن التطرق الى بعض المظاهر الجيومورفولوجية وخصائص الجيوتقنية التي تؤثر في تخطيط وتصميم الجسور في منطقة الدراسة وكما يأتي:

1- الثنيات والمنعطفات والجزر النهرية

يوجد في مجرى نهر الفرات ضمن حدود منطقة الدراسة الانثناءات والمنعطفات التي تنشط في تلك المناطق ،نتيجة قلة الانحدار واختلاف مكونات مواد الضفاف من حيث الضعف والصلابة، فيحدث اضطراب في التوازن القائم في النهر فيحدث انثناء وتعرّج في مجراه،وتعد نسبة التعرج هي المعيار المستخدم لتحديد أنماط المجاري المائية،فإذا كان نسبة تعرّج للمجرى أقل من (1) يعد النهر مستقيما،أما إذا كانت النسبة بين(1,1و 1,4) فإنّ النهر يعد منثنيا،وما زاد عن هذه النسبة فيعد منعطفا.

وقد تمت تسمية المنعطفات والثنيات على وفق التسميات المحلية، مثل منعطف الصوفية (1,6 ومنعطف الحامضية (1,9) ومنعطف البوبالي (1,8) .

كما توجد ثنيات في منطقة الدراسة مثل ثنية ابو طيبان وثنية الكطنية وثنية طوي،وكانت نسبة تعرجها (1,1) وثنية زوية سطيح سجلت نسبة التعرج (1,3) وثنية الزوية وسجلت نسبة التعرج (1,5)، وعموما تزداد نسبة التعرّج كلّما قلّ طول موجة الانعطاف عن طول المجرى، والعكس صحيح، كما يوضح الجدول (9– 4)أبعاد وخصائص الثنيات والمنعطفات النهرية في منطقة الدراسة.

اسم المنعطف أو الثنية	طول المجرى (كم)	طول موجة الانعطاف(كم)	نسبة التعرج	المدى	اتجاه التقعر
ثنية ابو طيبان	3	2,532	1,1	0,636	جنوب
ثنية الكطنية	5,09	4,548	1,1	0,933	جنوب
ثنية الطوي	3,63	3,131	1,1	0,861	غرب
ثنية الزوية	2,93	1,908	1,5	0,992	شمال شرق
منعطف الصوفية	3,46	2,068	1,6	1,117	جنوب
منعطف الحامضية	3,92	2,055	1,9	1,471	شمال
ثنية زوية سطيح	3,26	2,345	1,3	0,986	جنوب شرق
منعطف البوبالي	2,47	1,327	1,8	0,958	شمال

وفي جميع هذه المناطق عدم إقامة الجسور بالقرب منها لاتساع المجرى وتركز عمليات التعرية والإرساب فيها أكثر من المناطق التي تميل الى الاستقامة، كما هو الحال في قناة الورار.

وما ينتج عن التعرية والإرساب من مظاهر أو تغير في المجرى،والتي تنعكس آثارها على النشاط البشري في المناطق الواقعة على جانبي نهر الفرات،والتي تؤدي في تدمير المنشآت العمرانية والطرق والجسور ومحطات الري في الجهة التي تنشط فيها عملية التعرية،والتي يزداد نشاطها مع ارتفاع كمية التصريف, لذا تنشط في مواسم الفيضان ويقل نشاطها بانخفاض المناسيب وترسب ما تحمله تلك المياه من رواسب وبشكل تدريجي الخشنة والمتوسطة والناعمة التي تستمر لمسافة أطول لخفة وزنها،وقد أسهم ذلك في رفع قاع النهر بمرور الزمن وظهور الجزر على نطاق واسع لعدم قدرة المياه الجارية في النهر على تعرية تلك الرواسب, ويتضمن مجرى نهر الفرات ضمن حدود منطقة الدراسة عددا من الجزر النهرية التي بلغت تقريبا (16) جزرة قبل سدة الرمادي هي جزرة في أبو طيبان

التي بلغت مساحتها (850978,02)م2، وأربعة الجزر في زوغير ،وخمسة الجزر في الدوار والطرابشة،وجزرة في القطنية التي بلغت مساحتها (32357,17)م2، وجزرة في زنكورة التي بلغت مساحتها (24895,77)م2،وجزرة في البوعلي الجاسم التي بلغت مساحتها (82994,35)م2، وثلاثة جزر في طوي.

وبلغت الجزر بعد السد تقريبا (9) متمثلة في جزرة بالقرب من مركز الجزيرة التي بلغت مساحتها (83004,57)م2، جزرتان في البوفراج،وجزرتان في الصهالات،و جزرة في المشيهد والدشة التي بلغت مساحتها (14259,68)م2، وثلاث الجزر في زوية السطيح.

ان وجود الجزر في النهر الذي ساعد على نمو النباتات فوقها, والتي تعمل جذورها على تماسك تربتها في حين تعمل سيقانها على تخفيض سرعة جريان المياه عند ارتفاع مناسيبها ومرورها من فوق الجزر، فأدى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه فوق الجزر وحولها فتتسع مساحاتها وترتفع مستوياتها،لذا تتخذ الجزر أشكالا متنوعة دائرية أو مغزلية أو طولية، وقد تمتد بشكل متوالي في المجرى أو شكل متوازي فيتحول الى مجار صغيرة ،أي جدائلي أو ضفائري،وقد لا يبقى شكل الجزر ثابتا بل في تغير مستمر تحت تأثير عمليات التعرية والإرساب، فالجزر التي تتعرض الى عمليات تعرية مع قلة الإرساب تقل مساحتها والجزر التي تتعرض الى عمليات ترسيب عالية مع تعرية محدودة تتسع مساحتها،أما التي تتعرض الى عمليتي إرساب وتعرية متوازية فتحافظ على مساحتها مع تغيرات محدودة زيادة أو نقصان.[11]

وقد يؤدي الترسيب الى التحام بعض الجزر بالضفة القريبة منها فتعمل على انعطاف النهر في تلك المنطقة،كما تعمل الجزر على تركز التعرية في جهة والإرساب في جهة أخرى،فيسبب ذلك تغير في شكل المجرى من حيث الانعطاف وتقدّم وتراجع الضفاف وبالتالي تصبح مناطق غير صالحة لإقامة المنشآت الهيدروليكية في تلك المناطق.

2- التكوينات السطحية وتحت السطحية

إن معرفة التكوينات السطحية وتحت السطحية ذات أهمية كبيرة في تخطيط المنشآت الهيدروليكية،إذ تختلف تلك التكوينات في خصائصها عن بعضها البعض،والتي تنعكس آثارها على تماسكها وقدرة

تحملها،إن معرفة أصناف التربة الرئيسة هي مهمة جدا في أمان واقتصادية التصميم،وقد تبيّن أنّ أصناف التربة في موقع عينة جسر الصوفية الذي يربط طريق الشمالي بالطريق السريع على نهر الفرات متمثلة بالرمل السئ التدرج الى طمى رملي على عمق (0–6 م)،ورمل سئ التدرج على عمق (6– 15 م)، وحصى سئ التدرج على عمق (15– 16,5 م) ورمل سئ التدرج على عمق (16,5– 35 م) .

اذ تتباين هذه التكوينات من مكان الى آخر ضمن الموقع الواحد، يكون بعضها صماء وغير نافذة وقابلية تحملها عالية وقليلة الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية، ومن جهة أخرى هشّة وشديدة النفاذية كالتربة الرملية والحصوية والعضوية، فيجب بناء مساند كونكريتية أو استبدال التكوينات الضعيفة بأخرى صلبة.

بينما سجلت قيم حد السيولة ودليل اللدونة في أصناف هذه الترب في جميع أعماق العينة بين (0– 35 م)، باستثناء العمق (1,5– 4,5 م)،إذ سجلت قيم حدّ السيولة (45%)، ودليل اللدونة (17%) على عمق (1,5–3 م)، بينما سجلت حد السيولة (44%)، ودليل اللدونة (15%) على عمق (3– 4,5 م).

3–مشاكل الترب الجبسية في المنشآت الهيدروليكية

إن الترسبات التي تحتوي على أكثر من (2%) كمحتوى جبسي مواد غير مرغوب بها في المنشآت الهيدروليكية، إذ أن الماء عندما يمرّ خلال هذه المواد فإنّ الجبس سوف يذوب وتتكون التكهفات، وتحصل زيادة في تسرّب الماء وتوسيع الشقوق مما يسبب هبوطا كبيرا.

إنَّ المنشآت المشيدة على هذا النوع من الترب تحتاج الى تحشيه مستمرة بالأسمنت المقاوم لأملاح الكبريتات، كما هو الحال في سد الموصل نتيجة للذوبان المستمر للجبس والذي أدى الى حصول تكهفات أيضا في وسائد الإسناد .

وسجلت نسبة محتوى التربة من الجبس في عينة جسر الصوفية (4%) وعلى عمق (4,5م)، و(1,48%) على عمق (9م) و(0,80%) على عمق (15م) و(3%) على عمق (21م) و(30م) و(1%) على عمق (35 م).

فضلا عن وجود الكثير من الوديان في هضبتي الجزيرة والغربية ضمن منطقة الدراسة،وهذه الوديان تجري فيها مياه الأمطار بكميات كبيرة، لذلك أنّ إنشاء سدود ترابية صغيرة ومتوسطة على هذه الوديان،لأغراض توفير كميات كبيرة من المياه التي تستغل في أوقات الجفاف وقلة المياه، ولما للسدود الترابية من أهمية كبرى من الناحية الاقتصادية ومن ناحية المخاطر الناجمة عنها عند انهيارها، لأن التربة المحيطة والقريبة من هذه الأماكن هي ترب جبسيه واستعمالها في بناء السدود الترابية قد يسبب مشاكل من أهمها ذوبان الجبس أوانحلاله،مما يكّون منافذ للماء تؤدي الى تآكل التربة عند جريانه خلالها، وبذلك تحصل ظاهرة التآكل الداخلي، مما يتسبب في فشل هذه السدود، وعلية مما تقدّم فيجب التعامل مع الترب الجبسية في إنشاء السدود الترابية في تلك المناطق.

4- أثر ايون الكبريتات ($S0_4$) في تخطيط المنشآت الهيدروليكية.

أنّ لايون الكبريتات SO_4 آثار متعددة، فهو يتفاعل مع أكاسيد الحديد ويهاجم الخرسانة ويتفاعل مع مركبات الأسمنت، مما يؤدي الى تلف تلك الخرسانة وصدأ وتآكل الحديد وبالتالي يؤدي الى انهيارها، وتراوحت نسبة ايون الكبريتات (SO_4) موقع عينة (جسر الصوفية) أقل من الحد المسموح بها (5%)،إذ سجلت (4,2%) على عمق (1,5م) و(1,9%) على عمق (4,5)م و(0,69%) على عمق (9م) و(0,37%) على عمق (15م) و(0,51%) على عمق (21م), و(1,43%) على عمق (30 م).

5-الخطأ في التصميم والإنشاء .

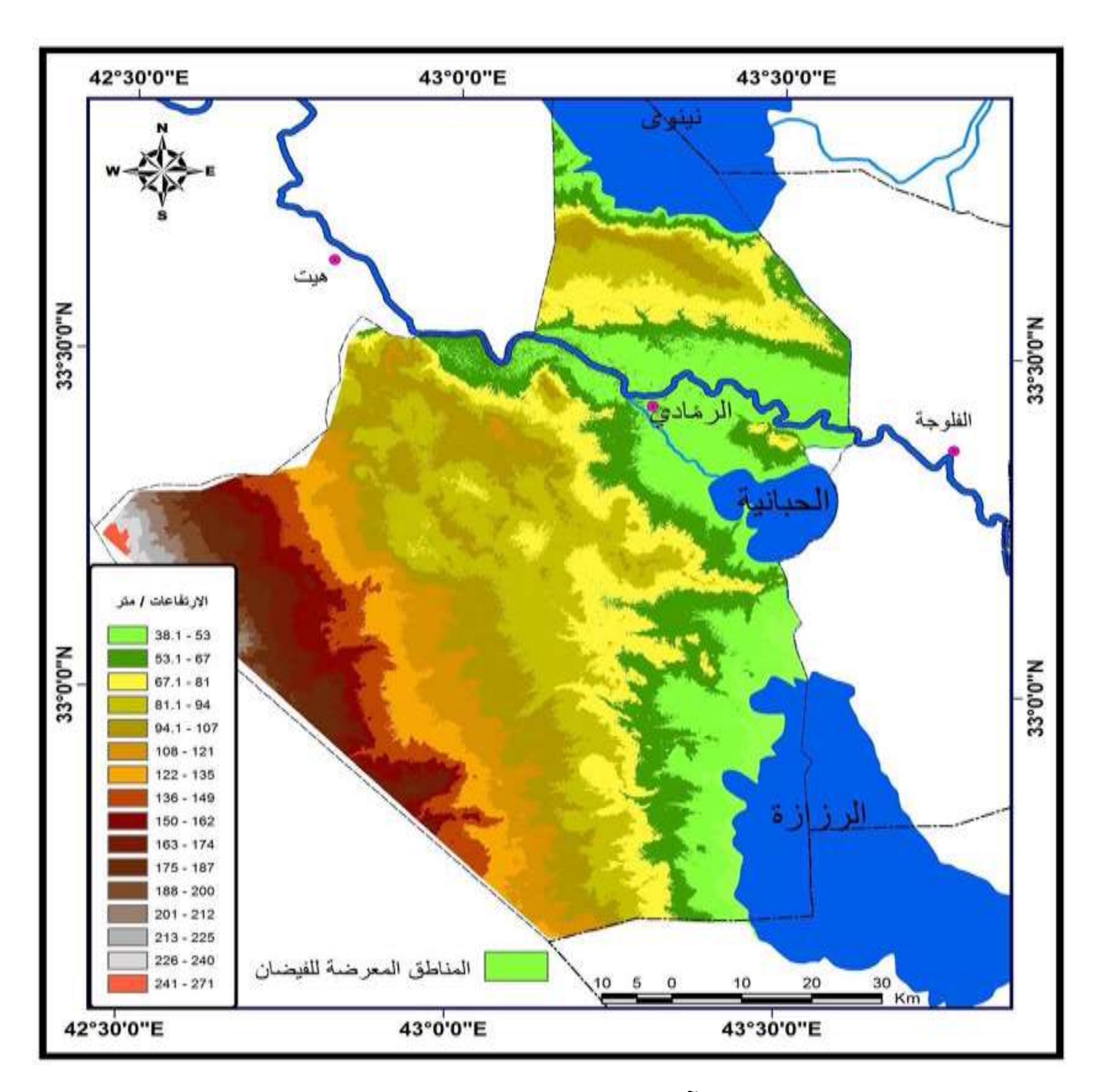
يقصد به عدم الإلمام بالدراسات والتقنيات الحديثة، وقلّة الخبرات والتنبؤ في التصميم لتجنب المشاكل المتوقعة،أو استخدام مواد ذات نوعية رديئة أو عدم العناية بالمواصفات عند الإنشاء لغرض المنافع الذاتية، كما هو الحال عند إنشاء جسر في مدينة الرمادي على قناة الورار، الذي يتكون من السد الترابي وتحتها أنابيب ذات أقطار كبيرة،فعند دخول كميات كبيرة من الماء غير المتوقعة الى السدّ الترابي لغرض تصريف المياه الزائدة الى بحيرة الحبانية بسبب ارتفاع مناسيب مياه نهر الفرات،وهذه كمية تفوق الطاقة الاستيعابية للسد الترابي، مما أدى الى احتقان كمية اكبر من المياه أمام السد، وبالتالي سبب حدوث تسرّب تآكلي،وان زيادة سرعة الماء المتسرّب والذي نجم

عنه تآكل التربة ، فضلا عن انغمار السد بكاملة، ونتج عنه حدوث تصدعات وانجراف لسطح السد والذي أدى الى انهياره بالكامل.

المبحث الرابع– المناطق المعرضة للفيضانات

اولا–نطاق تاثير فيضانات نهر الفراتعلى قضاء الرمادي

تتعرض معظم المناطق الواقعة حول ضفاف نهر الفرات وقناة الورار والأراضي المحيطة ببحيرة الحبانية والمناطق المنخفضة في مدينة الرمادي الى احتمالية التعرّض الى الفيضانات،في حالة ازدياد كمية المياه عن حدودها الاعتيادية، لذا تخرج المياه من المجاري الى الأراضي المنخفضة والمحاذية لها، وتعمل على غمر مساحات واسعة من الأراضي، ولاسيما السهل الرسوبي ضمن حدود منطقة الدراسة، التي تمثل مركزا للنشاط البشري بأنواعه المختلفة،والتي تسبب في جرف الطبقة العليا للتربة،وتكون بشكل سيول موحلة ولها آثار مدمرة في المناطق التي تقع على الجهة اليمنى لنهر الفرات بين هيت والرمادي، متمثلة بكل من ابو طيبان وزوغير والدوار والقطنية وزنكورة والطوي،ومناطق شرق الرمادي مثل السورة والصوفية والمشيهد والدشة وزوية سطيح، وجميع الأحياء السكنية في مدينة الرمادي، ومقاطعات في ريف قضاء الرمادي التي تقع على الجهة اليسرى لنهر الفرات، متمثلة بالطرابشة والبوعساف والبوعلي الجاسم والطالعة والبوذياب وزوية البوفراج والصهالات والجريشة والموح والحامضية والبوعبيد، وجميع هذه المناطق معرضة للفيضانات التي تتراوح ارتفاعاتها ما بين (38م– 53م) عن مستوى سطح البحر ،كما في الخريطه (9–1) تبين المناطق التي تتعرض الى مخاطر الفيضان في قضاء الرمادي.



وتعد مياه الفيضانات التي لها آثار تدميرية على المباني والطرق والجسور وخدمات البنى التحتية من شبكات توزيع المياه والمجاري والكهرباء والهاتف في المناطق المعرضة للفيضانات،وكل ما يقع ضمن نطاق التأثير.

ويمكن إبراز تأثير الفيضانات في تلك المناطق من خلال دراسة أسباب حدوث الفيضانات وأضراره .

ثانيا- أسباب احتمالية حدوث الفيضانات

1-هطول الأمطار بكميات كبيرة على حوض نهر الفرات في مواسم الخريف والشتاء والربيع من السنة،والتي تصل كمياتها في بعض السنوات ما يفوق الطاقة الاستيعابية لمجرى النهر.

2- ذوبان الثلوج الساقطة عند منابع النهر أو قرب مجاريها،وعند ذوبانها تعمل على زيادة كمية المياه في النهر، ويكون تأثيرها واضحا عندما يتزامن ذوبان الثلوج مع تساقط الأمطار، كما هو الحال في نهري دجلة والفرات.

3-انهيار السدود، في حالة انهيار السدود المقامة على نهر الفرات، التي تحجز كميات كبيرة من المياه وبمستويات عالية تصل مئات الأمتار، فعند تعرّض تلك السدود الى الانهيار لأي سبب كان تتدفع المياه المحجوزة أمام السد بسرعة كبيرة ومناسيب مرتفعة تفوق مناسيب الفيضانات فتعمل على تدمير كل ما يقع ضمن نطاق تأثيرها.

4- في حالة رفع بوابات السدود المقامة على نهر الفرات، ولاسيما في دول المنبع مثل تركيا ،والذي يؤدي الى تدفق المياه المحجوزة أمام السد، وارتفاع مناسيب المياه في مجرى النهر التي تفوق طاقته الاستيعابية،مما يعرّض المناطق المنخفضة الى الفيضانات في منطقة الدراسة.

5- قلة الطاقة الاستيعابية لقناة النهر، بعد أن تدخل الإنسان في شؤون الأنهار وعمل النواظم والسدود الجانبية التي جعلت فعاليات النهر ضمن نطاق ضيق يتمثل بالقناة التي تجري فيها المياه.[12]

وقد أدى ذلك الى ظهور الجزر والرواسب الموجودة في قاع المجرى، فتحوّل مجرى النهر الى قنوات صغيرة تمر من بين تلك الجزر، فنتج عن ذلك انخفاض الطاقة الاستيعابية للقناة عند حدوث الفيضانات، ومن ثم ارتفاع مناسيب المياه الى مستوىً يعلو الأراضي السهلية المجاورة، فتتعرض تلك الأراضي الى ظاهرة تسرب المياه الجوفية، التي تؤدي الى تدمير المنشآت والأبنية والطرق وقنوات الري الواقعة تحت تأثيرها.

ثالثا- أضرار الفيضانات

1- الأضرار الأولية

أ-هدم وتدمير المنازل التي تصل المياه الى ارتفاعات معينة فوق سطح الأرض، مما يؤثر في مواد البناء ولاسيما مادة الجص التي تستخدم في البناء فوق الأسس وباطن الجدران،لأنة شديد التأثر بالرطوبة ويتحول الى مادة هشّة جدا،وتصبح جدران المنازل بسبب مياه الفيضانات متهرئة وآيلة نحو السقوط.

ب–تشريد آلاف السكان من مدنهم وقراهم وجعلهم بلا مأوى، فضلا عن الإصابات التي تلحق بالناس أو موت أعداد كبيرة منهم بسبب الغرق أو بفعل الأوبئة والأمراض التي تنقلها المياه.

ت–تدمير المزارع والمحاصيل الزراعية بسبب مياه الفيضانات الشديدة الجريان والمارة عبر مناطق ذات غطاء نباتي كثيف،والذي يؤدي على تدمير وتمزيق الأشجار اوارتفاع المياه فوقها،وبالتالي خسارة المحاصيل بأكملها لأنها تموت اختناقا، أو القضاء على التربة الزراعية وتغير تركيبها وتعرية المناطق المنحدرة.

ث–تدمير البنى التحتية للمناطق المعرضة للفيضان في منطقة الدراسة المتمثلة في شبكات توزيع المياه والمجاري والكهرباء والهاتف .

ج–تدمير وانجراف الطرق في المناطق المعرضة للفيضان،كما تسبب مياه الفيضانات حدوث الفجوات والتكهفات في المناطق التي ترتفع فيها نسبة الجبس في التربة، فضلا عن ارتفاع حدّ السيولة ودليل اللدونة،مما يؤدي الى انتفاخ التربة، ولاسيما في المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الطين.

ح–تدمير وانهيار المنشآت الهيدروليكية المقامة على نهر الفرات ضمن حدود منطقة الدراسة المتمثلة في السدود والجسور.

2– الأضرار الثانوية

أ–عند ابتعاد الناس عن المناطق المعرّضة للفيضان الى مناطق أكثر ارتفاعا في الهضبتين الغربية والجزيرة في حالة حدوث الفيضان يحدث نقص في إمدادات المياه والإمدادات الغذائية والمحاصيل، ذلك بسبب تلوث مياه الشرب النظيفة، مما يجعلها نادرة أو شحيحة.

ب– انتشار الأمراض والأوبئة بين السكان التي تنقلها المياه في تلك المناطق المعرضة للفيضان.

ت– تعد مياه الفيضانات مصادر تغذية خزانات المياه الجوفية، وتصبح هذه المناطق أكثر ارتفاعا في مناسيب المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض، والتي تؤثر على تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية،من خلال ظاهرة تسرّب المياه الجوفية نحو المناطق المحيطة أو المناطق معرضة الى

الفيضانات، وقد يصل منسوبها ليغمر المزروعات والدور السكنية، ولكن بمناسيب منخفضة، وقد تصل الى نصف متر أو أقل.

ث- حدوث خسائر في الجانب الاقتصادي، بسبب ارتفاع تكاليف إعادة تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية من أثار الدمار المترتبة على الوحدات العمرانية وبكافة أنواعها،والطرق والجسور وخدمات البنى التحتية متمثلة في شبكة توزيع الماء والمجاري والكهرباء والهاتف.

مصادر الفصل التاسع

1- James. P.K.. and James .E.S(1980)"Assessment of Expansive Soil in The United state " 4th Int .Conf.on Expansive soil, Denver,Colorado, P.P.596-609.

2-د.خلف حسين علي الدليمي ، علم شكل الأرض التطبيقي ، مصدر سابق , ص512.

3- BRAJAM.DAS.KHALED.SOBHA, Principles of Geotechnical Engineering, 2014,cengage learning .U.S.A,p2.

4- قصي سلمان جبار،استخدام مص رطوبة التربة لمعرفة ضغط الانتفاخ ، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم البناء والإنشاءات ،الجامعة التكنولوجية , 1989, ص2.

5- د.مقداد حسين علي وآخرون،الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق ، ص264.

6- د.خلف حسين علي الدليمي ،علم شكل الأرض التطبيقي ، مصدر سابق ,ص472.

7- د.محمد بشار الحفار ونبيل غازي الهزيم ، مصدر سابق، ص 32 .

8- أحمد عبد الاله محمود، أثر أساليب إدارة المشاريع المدينة على تنفيذ مشاريع البنى التحتية في المدن، رسالة ماجستير مقدمة الى معهد العالي للتخطيط الحضري والإقليمي،جامعة بغداد،2009، ص65.

9- د.خلف حسين علي الدليمي، علم شكل الأرض التطبيقي، مصدر سابق ، ص474-488.

10- Netterberge, F , Blight , G.E, Theron, P ,F and Maralis, G.P.(1974),,SahDamage to Roads With Bases of Crusher-Run Witwater sand Quartzite ,,proceedings oF the 2 nd .Conference on Aspnart pavements for southern Africa Durban ,pp.34-53.

11-د.خلف حسين علي الدليمي ، علم شكل الأرض التطبيقي، مصدر سابق , ص487.

12- المصدر السابق ,ص545-546.

13-د. خلف حسين علي الدليمي، الكوارث الطبيعية والحد من أثارها ، دار صفاء للنشر والتوزيع ،ط1،عمان ،2009، ص234.

الفصل العاشر -اهمية المعلومات الجيوتقنية في تحليل المواضع الملائمة للتوسع الحضري

المبحث الاول-العناصر التي تحدد المواضع المناسبة للتوسع الحضري

المبحث الثاني - دراسة الحاجة المستقبلية للارض لغرض التوسع عليها

المبحث الثالث- اعتماد الخريطة الجيوتقنية في اعداد المخططات والتصاميم المستقبلية

المبحث الرابع- اتجاهات التوسّع العمراني المستقبلي في مدينة الرمادي

المبحث الخامس- اساليب اختيار المواضع الملائمة لتخطيط المشاريع الهندسية

المبحث السادس-الإجراءات اللازمة لتخطيط المشاريع الهندسية في المناطق المقترحة

تحتاج المدن الى التوسع بشكل مستمر لتلبية حاجة السكان من الخدمات والانشطة المختلفة،وقد تواجه اغلب المدن مشاكل مختلفة لغرض تامين المساحات الكافية من الاراضي،وقد تكون مشاكل بشرية واخرى جيوتقنية،وفي هذا الفصل سيتم التطرق الى اختيار المواضع الملائمة للتوسع اعتمادا على المعلومات الجيوتقنية دراسة تطبيقية على مدينة الرمادي في العراق.

المبحث الاول–العناصر التي تحدد المواضع المناسبة للتوسع الحضري

ان تحليل المواضع الملائمة للتوسع العمراني يكون على أساس مدى تعرض مناطق التوسع الى مخاطر طبيعية مثل الفيضانات والعمليات التي تتعرض لها المنحدرات والزلازل والأعاصير وغيرها،وفي هذا المجال سيتم تطبيق ذلك على مدينة فلافسنسو Villavicencio في كولومبيا،وقد تم اعتماد عناصر معينة في تحديد المواضع المناسبة للتوسع الحضري هي:

1– نوع استعمالات الأرض الحالية

2–الوضع الطوبوغرافي و طبيعة المنحدرات

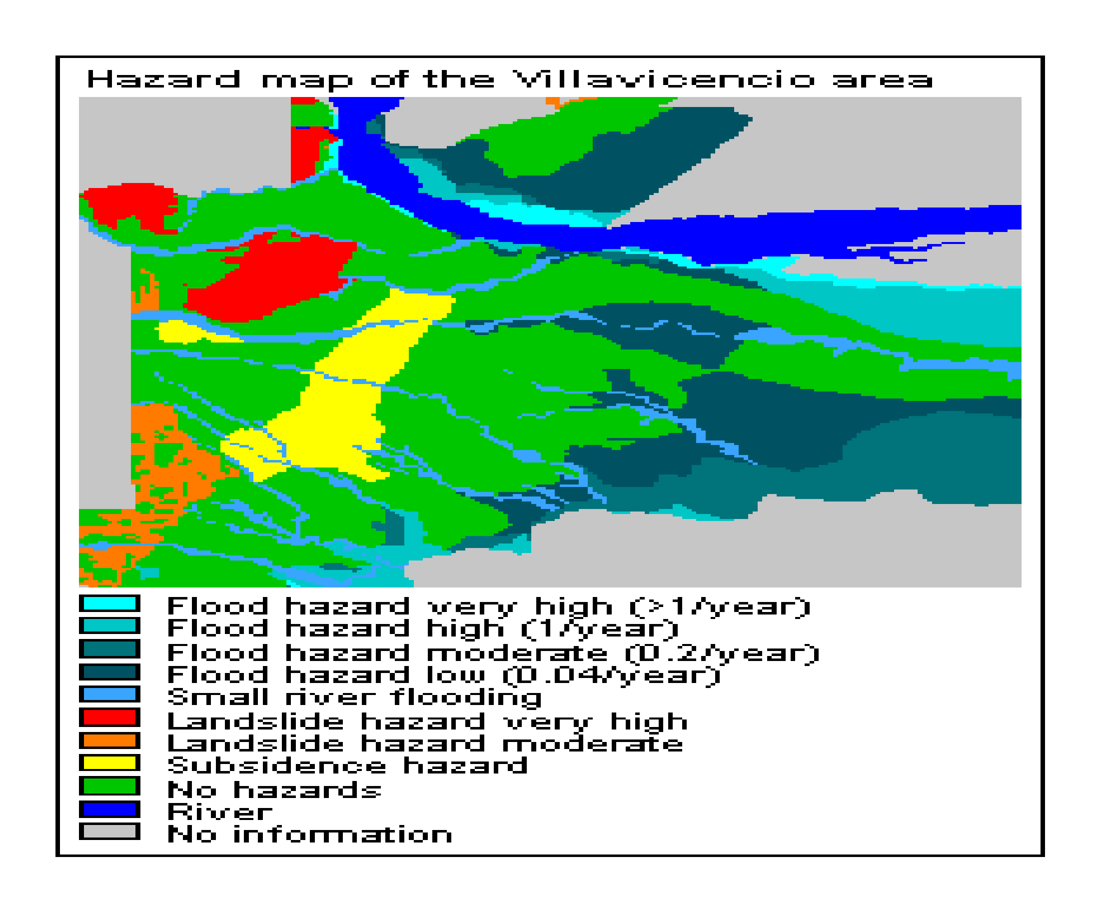
3–نوع التربة والصخور

4– طبيعة الفيضانات ومناسيب المياه الجوفية

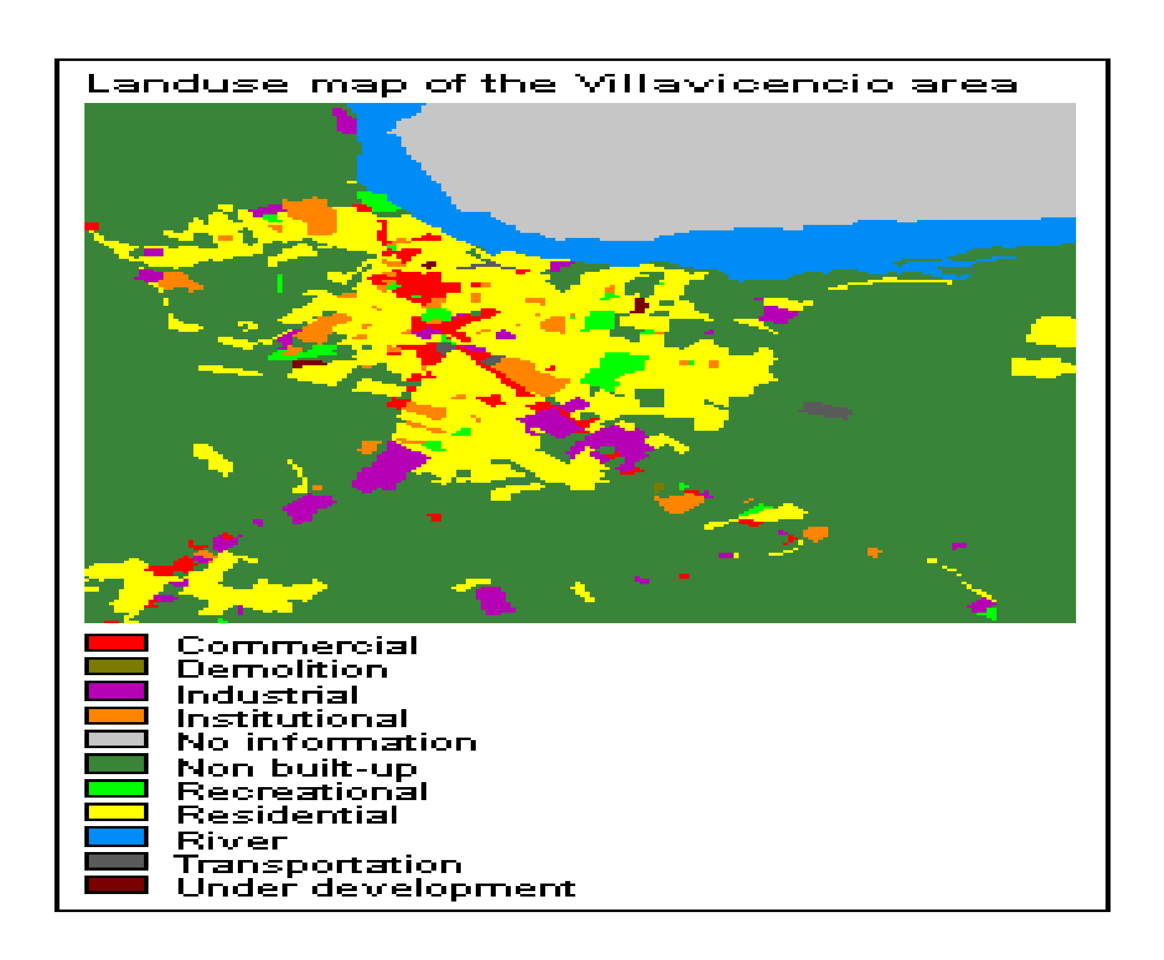
5–الرحلة الى العمل

6– كلفة التطوير

ان هذه العناصر تحدد مدى ملائمة الموضع لتوسع العمران،اذ يتم اعتماد خريطة أساسية للمدينة توضح عليها المناطق الخطرة،خريطة (10–1) تبين المناطق التي تتعرض الى مخاطر الفيضانات الانزلاقات والهبوط التي تحدث على المنحدرات القريبة من المدينة.



أن تقييم مدى ملائمة الموضع يحتاج الى توفير نظام جيد يطبق على السمات والعناصر المختلفة المتعلقة بملائمة الموضع،ويكون ذلك من خلال تطبيق سيناريو للخطر والأمان في المناطق غير الحضرية،أي الواقعة خارج المدينة،والتي توضح مدى ملائمتها لتوسع العمران،ويحتاج ذلك إلى خريطة لاستعمالات الأرض الحضرية لتحديد الاتجاهات التي يمكن استغلالها للتوسع المستقبلي، خريطة (10-2) تبين نوع استعمالات الأرض في المدينة والمناطق المحيطة بها.



ثانيا–المواضع الملائمة للتوسع:

ان إحدى المشاكل الرئيسة للتخطيط الطبيعي هو التحديد الصحيح للمواضع الملائمة لاستعمالات الأرض،اذ توجد بعض المحددات الموضعية مثل المنحدرات الشديدة،والمقابر القديمة،والأراضي المحجوزة للدولة،اومناطق ترتفع فيها مناسيب المياه الجوفية،او تتعرض الى مخاطر الفيضان، فتعد مثل تلك المناطق غير ملائمة للنمو الحضري،في حين توجد مواضع أخرى مناسبة للتوسع وتتنافس عليها الأنشطة المختلفة في المدينة.

ومن الأمور التي يجب مراعاتها هو التعرف على المواضع التي تتعرض الى مخاطر لايمكن تجاوزها،مثل الفيضانات ومشاكل المنحدرات،والمخاطر الطبيعية الأخرى التي تحدث اومحتملة الحدوث خلال فترة زمنية معينة، ويتم التعرف عليها من خلال المعطيات الطبيعية الموقعية،كما يتضح من خلال التحليل نوع المخاطر المتوقعة الحدوث مثل الزلازل،والفيضانات والانهيارات والأعاصير والجفاف وغيرها.

ان هذه الكوارث تحدث بكثافات وترددات مختلفة،ينتج عنها مستويات مختلفة من الآثار البيئية،ففي مدينة فلافسنسيو تعد أخطار الفيضانات والانزلاقات الأرضية والهبوط الأرضي من أكثر المخاطر الطبيعية انتشارا.

ان تحديد المخاطر الطبيعية يكون على أساس عدد الوفيات المتوقع والذين يصابون بجروح من الأشخاص، وتدمير الممتلكات،اوعرقلة النشاط الاقتصادي،وبمعنى آخر المخاطر الطبيعية كل ما يؤثر على حياة الإنسان وممتلكاته ونشاطاته.

ثالثا–نموذج متطلبات التوسع الحضري:

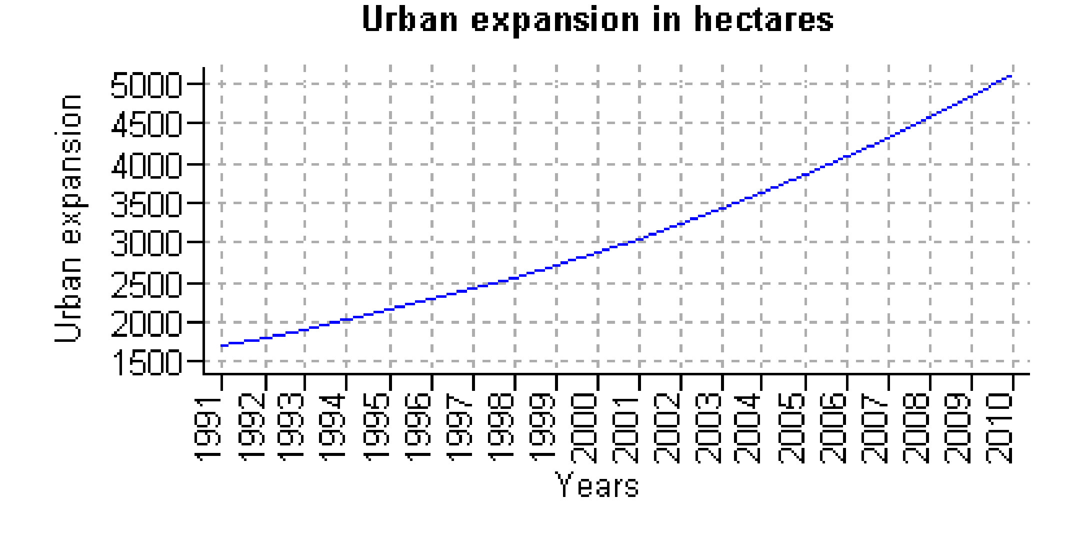
ان تقييم التوسع الحضري يحتاج الى تتبع تطور استعمالات الأرض الحضرية خلال سلسلة زمنية،ويتم تصنيفها في جدول حديث يضم كل المتطلبات القديمة والجديدة ،وتستخدم تلك المعلومات في عمل خريطة جديدة.

فالشكل (3–10) شكل بياني يوضح تطور استعمالات الأرض في المدينة بالهكتار القائم والمتوقع من سنة 1991 الى سنة 2010،اذ يتم تقدير النمو المتوقع باستخدام المعادلة الاتية:

$AF=Ab*(1+\%/100)^{(F-B)}$ A المساحة F المستقبل b سنة الأساس % معدل النمو السنوي.

في هذا التطبيق الافتراضي البسيط ان كل الأراضي غير الحضرية في منطقة الدراسة عام 1991 متاحة للتوسع الحضري،وان الزيادة السنوية للتوسع تصل الى 6% بعد عام 1991،والشكل البياني يعطي تصورا واضحا لما ستكون عليه المدينة.

شكل (3–10) شكل بياني يوضح تطور استعمالات الأرض في المدينة بالهكتار للفترة مابين 1991و2010



ان مثل تلك الدراسات قد تستثني عدة عوامل لها تأثير على توسع المدينة مثل خطط البلدية،اومشاريع الطرق والجسور ،اوارض محجوزة للدولة،اوملكية خاصة،اوقيود بيئية،اوحالات اقتصادية واجتماعية،اوعوامل سياسية وتجارية،وتنمية حضرية في منطقة قريبة.

رابعا-سيناريوهات الخطر والأمان:

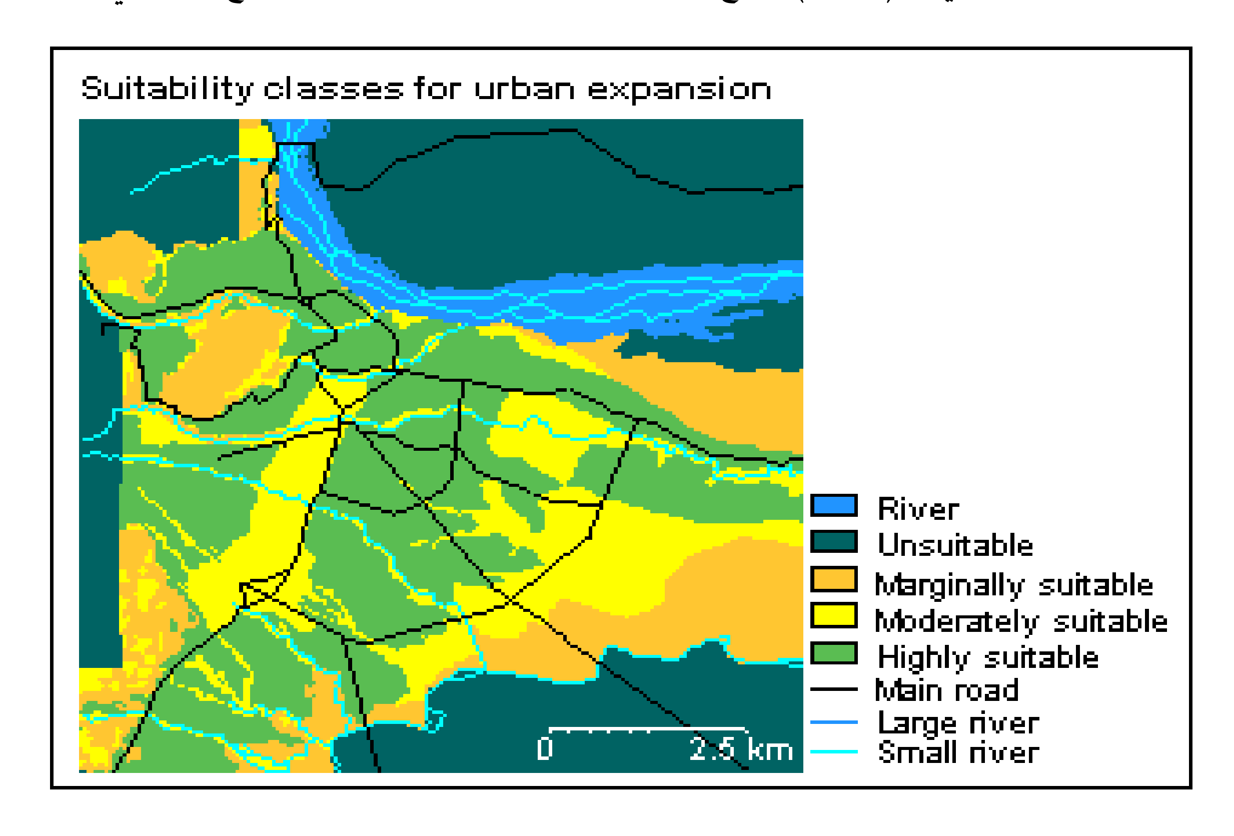
ان التوسع الحضري يجب ان يكون ضمن مناطق لا تتعرض الى مخاطر طبيعية،ففي الدراسة المطبقة على مدينة فلافنسيو كان التوسع الحضري خلال الفترة مابين 1991و2006 على أساس استغلال كل المناطق الصالحة للتوسع الحضري،عدا المناطق التي تتعرض الى مخاطر شديدة،وسيناريو الأمان يعتمد على توسع حضري نحو مناطق آمنة نسبيا،ان تحليل العلاقة بين التوسع الحضري والمناطق الخطرة عملية متقاطعة تتطلب استخدام خريطة المخاطر ،وخريطة استعمالات الأرض،بعد ان توضع تلك الخرائط على طاولة واحدة ومطابقتها مع بعضها فيتم تقييم مناطق التوسع، وتحديد مناطق الخطر والمناطق الآمنة،ولتقييم ملائمة المنطقة للتوسع يمكن اعتماد ثلاثة عناصر أساسية هي:

1- تعرض المنطقة الى مخاطر

2- بعد منطقة التوسع عن مركز المدينة

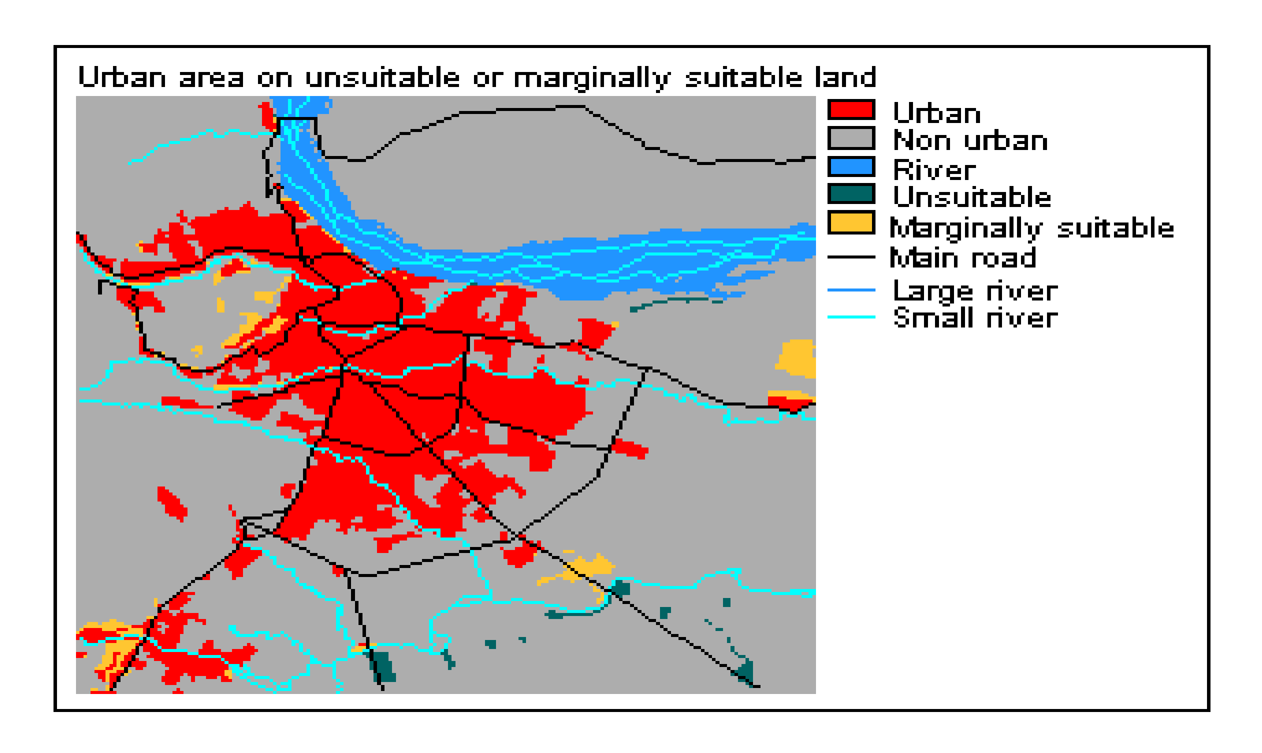
3- طبيعة انحدار الأرض.

ان مثل تلك العوامل يمكن ملاحظتها على خرائط منطقة الدراسة،والتي يمكن منها أنتاج خريطة جديدة تؤشر عليها المناطق الملائمة للنمو العمراني مستقبلا،وتصنف تلك المناطق حسب معايير الملائمة،اذ توجد مناطق ملائمة جدا،ومناطق أخرى ملائمة بدرجة متوسطة,ومناطق هامشية ضعيفة الملائمة،ومناطق غير ملائمة حاليا،ومناطق غير ملائمة حاضرا ومستقبلا، الخريطة (4-10)توضح أجزاء المدينة حسب درجة الملائمة للتوسع المستقبلي.

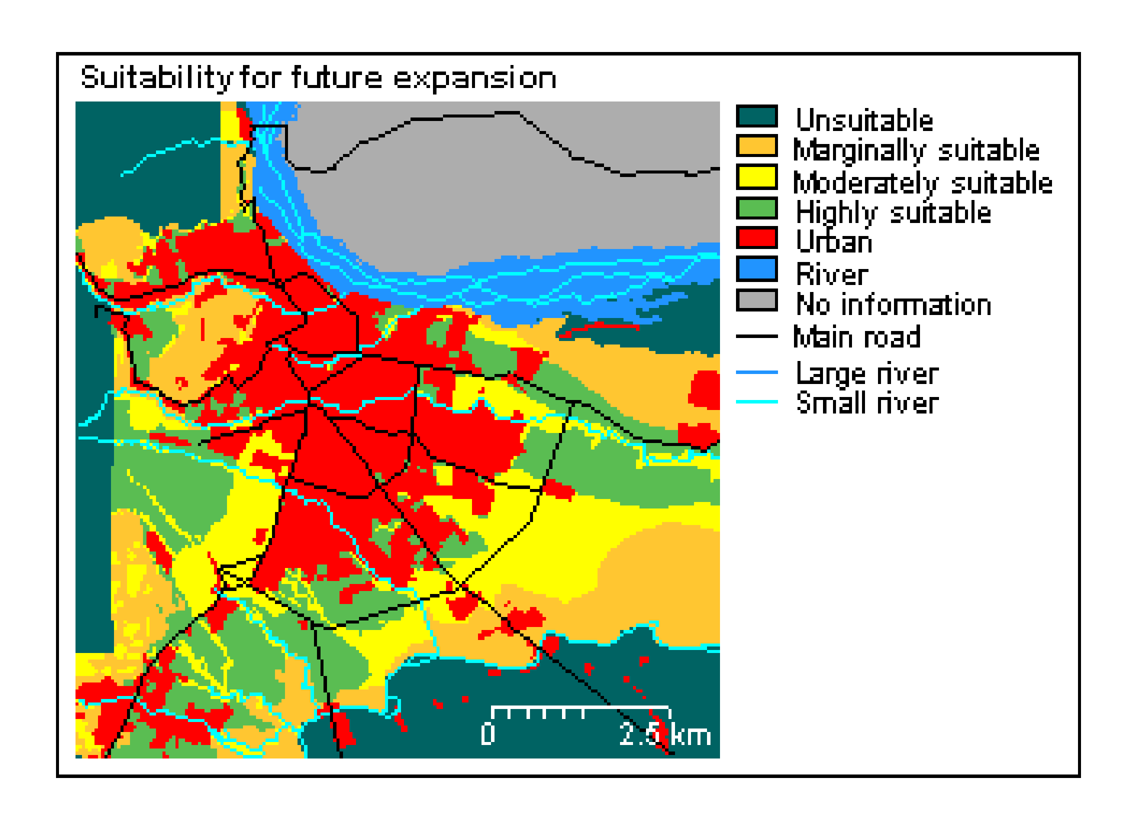


خامسا- تطبيق نماذج الملائمة:

تقع بعض الأجزاء من المنطقة الحضرية الحالية ضمن مناطق هامشية بسبب بعدها عن مركز المدينة،او ضمن منطقة ذات منحدرات شديدة،اومنطقة تتعرض إلى مخاطر الفيضان،او مخاطر الانزلاقات والتدفقات الطينية،ان استعمالات الأرض في تلك المواضع يجب ان تنقل الى أماكن أخرى أكثر استقرارا وأمانا،ان تحديد مثل تلك المواضع الملائمة وغير الملائمة يكون مثبت على خرائط معدة لهذا الغرض،والتي يتم عملها من الخرائط الخاصة بملائمة استعمالات الأرض لسنة 1991، الخريطة (10-5) توضح موقع المناطق الحضرية وغير الحضرية،والمناطق غير الملائمة والهامشية.



ومن خلال خريطة الموضع يمكن تحديد المناطق غير الحضرية المناسبة بشكل معتدل للتوسع الحضري مستقبلا،كما تحسب المناطق الأخرى الجيدة والهامشية لغرض تلبية الحاجة المستقبلية خلال عدة سنوات قادمة،الخريطة (10-6) توضح المناطق الملائمة للتوسع المستقبلي.(1)



المبحث الثاني– دراسة الحاجة المستقبلية للارض لغرض التوسع عليها

اولا–تقدير الحاجة المستقبلية للأراضي

إنّ التنبؤ عن الحاجة المستقبلية للمشاريع الهندسية تعدّ من الإجراءات المهمة والضرورية في تخطيط وتنفيذ تلك المشاريع، والتي تحتاج الى الكثير من الدراسات التفصيلية والشاملة،إذ يترتب على زيادة عدد السكان زيادة الطلب على المشاريع الهندسية، ومنها الوحدات العمرانية بكافة أنواعها السكنية والتجارية والصحية والصناعية والتعليمية..الخ ،وكذلك الطلب على جميع خدمات البنى التحتية بسبب زيادة أعداد السكان، مما ينتج عنه زيادة في استهلاك الماء الذي يسبب ضغطا كبيرا على شبكة المجاري، سواء القائمة أوالتي ستنفذ مستقبلا، فضلا عن زيادة الطلب على الكهرباء والهاتف، كما لا تسمح سعة الطرق على استيعاب زيادة عدد السيارات المترتبة على زيادة عدد السكان،وقد كان اختراق نهر الفرات وقناة الورار منطقة الدراسة سببا في إعاقة حرية توسّع المدينة،إن ازدياد إعداد السكان يولد ضغطا كبيرا على الجسور لغرض العبور من جهة الى آخرى، والذي يسبب اختناقاً مرورياً، وهذا يتطلب إنشاء جسورٍ إضافية بما تتطلبه الحاجة.

وهذا الأمر يحتاج الى تخطيط مستقبلي لجميع استخدامات الأرض، في ضوء التوسع المستقبلي في المشاريع الهندسية من خلال احتساب التوقعات المستقبلية لسكان قضاء الرمادي في الأعوام 2025، 2035، 2045، بالاعتماد على معدّل النمو السكاني الذي تم استخراجه بالاعتماد على المعادلة التي تمّ ذكرها في الفصل الأول للمدة من (1997–

2013) الذي بلغ نحو (3,1%)، فضلاً عن ذلك معرفة التوقعات السكانية، فقد تم استخراجها باستخدام المعادلة الآتية.[2]:

$$Pn = P0\ \left(1 - \frac{r}{100}\right)^{n}$$

اذ أن :

Pn = عدد السكان المتوقع في سنة الهدف .

Po = عدد السكان سنة الأساس .

r = معدل النمو السكاني السنوي للمدة 1997 – 2013.

n = عدد السنوات بين سنتي الأساس والهدف .

وجاءت نتائج التطبيق كما في الجدول (10-1)عدد السكان ومساحة الأرض المتوقعة في قضاء الرمادي حتى عام 2045

السنوات	2013	2025	2035	2045
السكان / نسمة	467876	673416	913839	1240098
مقدار الزيادة فرق بين سنتي الهدف والأساس		205540	445963	772222
استعمال الأرض	المعايير التخطيطي م2/ شخص	المساحة/ هكتار	المساحة/ هكتار	المساحة/ هكتار
جميع استعمالات الأرض	100	2055,4	4459,63	7722,22

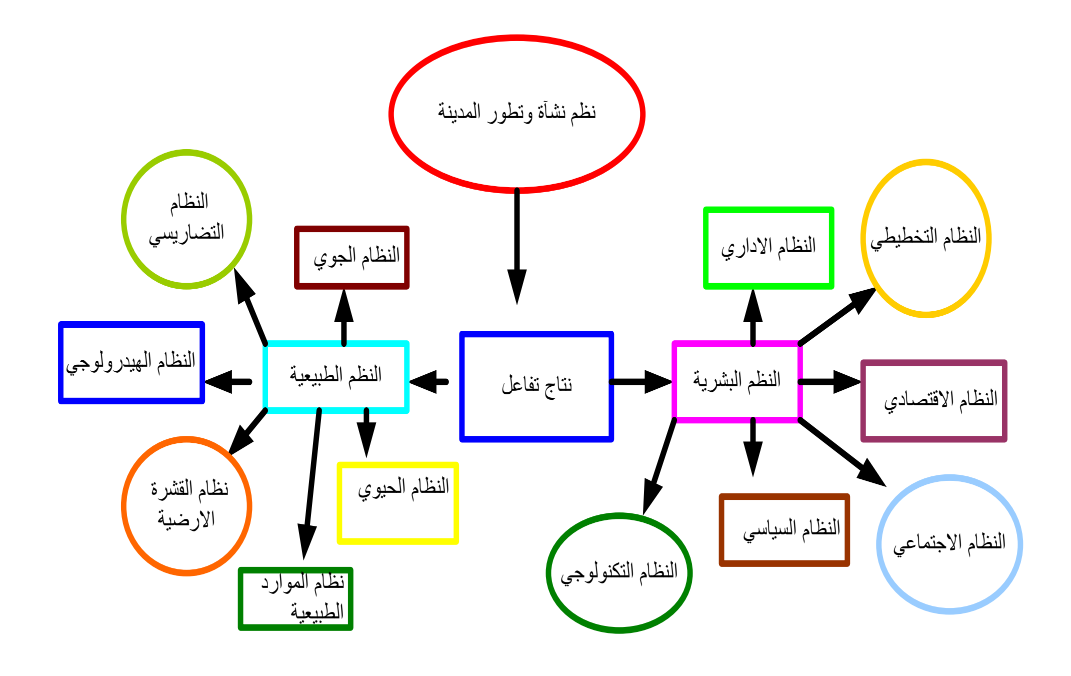
يتضح من الجدول أن زيادة عدد سكان قضاء الرمادي هو دالة لزيادة مساحتها، فمثلا في عام (2013) كان عدد السكان (467876) نسمة، سيصبح عدد السكان المتوقع في سنة الهدف نحو (673416) نسمة في عام (2025), و(913839) نسمة في عام (2035) و(1240098) نسمة في عام (2045)، وإنّ هذه الزيادة في عدد سكان قضاء الرمادي سيؤدي بالضرورة الى حدوث توسّع في استعمالات الأرض المختلفة، ولمعرفة مدى هذا التوسّع فقد تم الاعتماد على نصيب الفرد الواحد من كل استعمالات الأرض (100م2) التي حددتها المعايير التخطيطية المعتمدة من قبل الدوائر التخطيطية الدولية.

وتعتمد هذه الطريقة على معرفة الزيادة السكانية المتوقعة والمستخرجة من خلال الفرق في الزيادة السكانية بين سنة الهدف (2025 و2035 و2045) وبين سنة الأساس (2013)، وضرب مقدار الزيادة في معدل نصيب الفرد الواحد من كل الاستعمالات، ومن خلالها يمكن معرفة المساحة التي تحتاجها الزيادة السكانية المتوقعة .

إنّ فرق الزيادة السكانية بين سنتي الهدف والأساس بلغ (205540) نسمة في عام (2025)، سيحتاج الى (2055,4) هكتاراً مساحة الأرض المتوقعة لقضاء الرمادي،أما في عام (2035) يصل فرق الزيادة السكانية عن سنة الأساس (2013) نحو(445963) نسمة التي تحتاج الى مساحة استعمالات الأرض المتوقعة (4459,93) هكتار، في حين تصل المساحة المتوقعة لقضاء الرمادي (7722,22) هكتاراً في عام (2045).

وفي ضوء معرفة هذه الزيادة في أعداد السكاّن ومساحات الأرض المتوقعة في سنة الهدف يتطلب تخطيطاً مستقبلياً للمشاريع الهندسية في مدينة الرمادي، من خلال البحث عن مساحات تلبي حاجة السكان في السنوات اللاحقة، وذلك يمكن معرفة المساحة المستقبلية لكل استعمال على حده،من خلال ضرب مقدار الزيادة في نسب توزيع استعمالات الأرض الحضرية المثالية في المدينة، كما في الجدول (10– 2)، فان معرفة المساحات المتوقعة لتوسع المشاريع الهندسية مما يتطلب دراسة النظم الطبيعية والنظم البشرية، لان كل نشاط يمارسه الإنسان هو نتاج تفاعل النظم البشرية مع النظم الطبيعية، التي تعد من العوامل المؤثرة في نشأة المدن وتطورها،الشكل (10–2)مخطط يبين النظم الطبيعية والبشرية التي تؤثر في نشأة المدن وتطورها .

النظم التي تسهم في نشآة وتطور المدينة



المبحث الثالث–انواع استعمالات الأرض الحضرية:

1- الاستعمال السكني

2- الاستعمال التعليمي

3- الاستعمال الصحي

4- استعمالات الخدمات الثقافية والاجتماعية

5- استعمالات الخدمات الإدارية

6- استعمالات الخدمات الدينية

7- الاستعمالات التجارية والمكاتب

8- استعمالات الصناعات المختلفة والخدمات الصناعية

9- استعمالات المناطق الخضراء

10- استعمالات خدمات الملاعب

11- استعمالات الخدمات السياحية والترفيهية

12- استعمالات الخدمات الكهربائية والاتصالات

13- استعمالات الطرق وخدمات النقل

14- استعمالات المقابر

15-استعمالات الخدمات الخاصة(عسكرية ومفاعلات)

16-مسطحات مائية ومستنقعات

17- أراض وعرة

18-استعمالات زراعية

19-استعمالات أخرى.[3]

جدول(2-10)يبين نسب توزيع استعمالات الأرض الحضرية المثالية في المدن

نوع الاستعمال	النسبة المئوية	الملاحظات
1- السكن	35-38	
2- التجاري	2-3	
3- الطرق وساحات الوقوف	20-25	
4- المناطق الخضراء والترفيه	8-10	
5- خدمات عامة	10-12	تعليم - صحة- ثقافية- أدارية
6- الصناعي	6-8	
7- الزراعي	2	
8- الخاص(عسكري)	2	
9- المقابر	3	
10- أخرى	1	

المصدر: خلف حسين علي الدليمي،تخطيط المدن ،نظريات-معايير - أساليب-تقنيات،ط1، دار صفاء للنشر ،عمان-الاردن 2015,ص45.

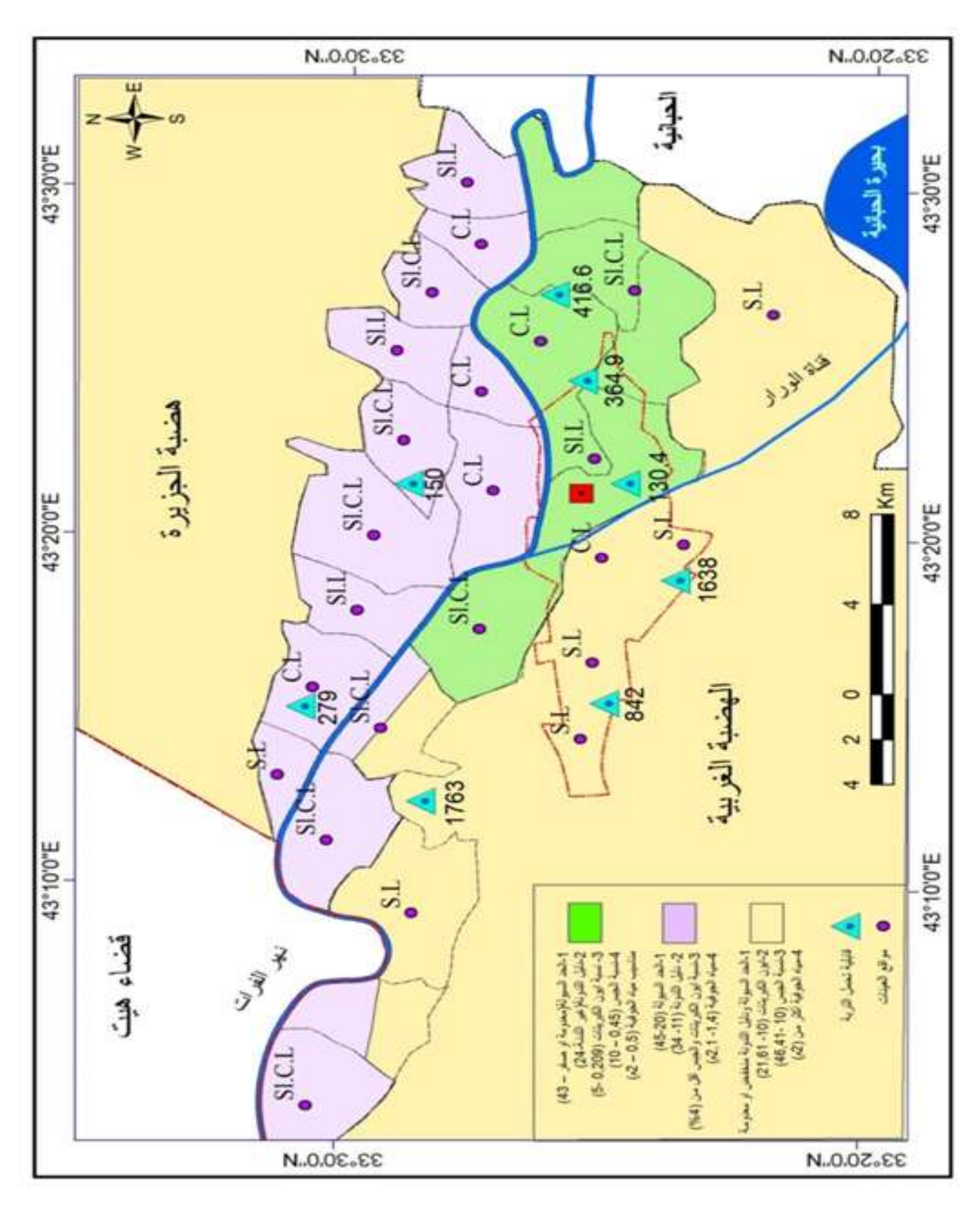
المبحث الثالث- اعتماد الخريطة الجيوتقنية في اعداد المخططات والتصاميم المستقبيلة

اولا-اعداد الخريطة الجيوتقنية

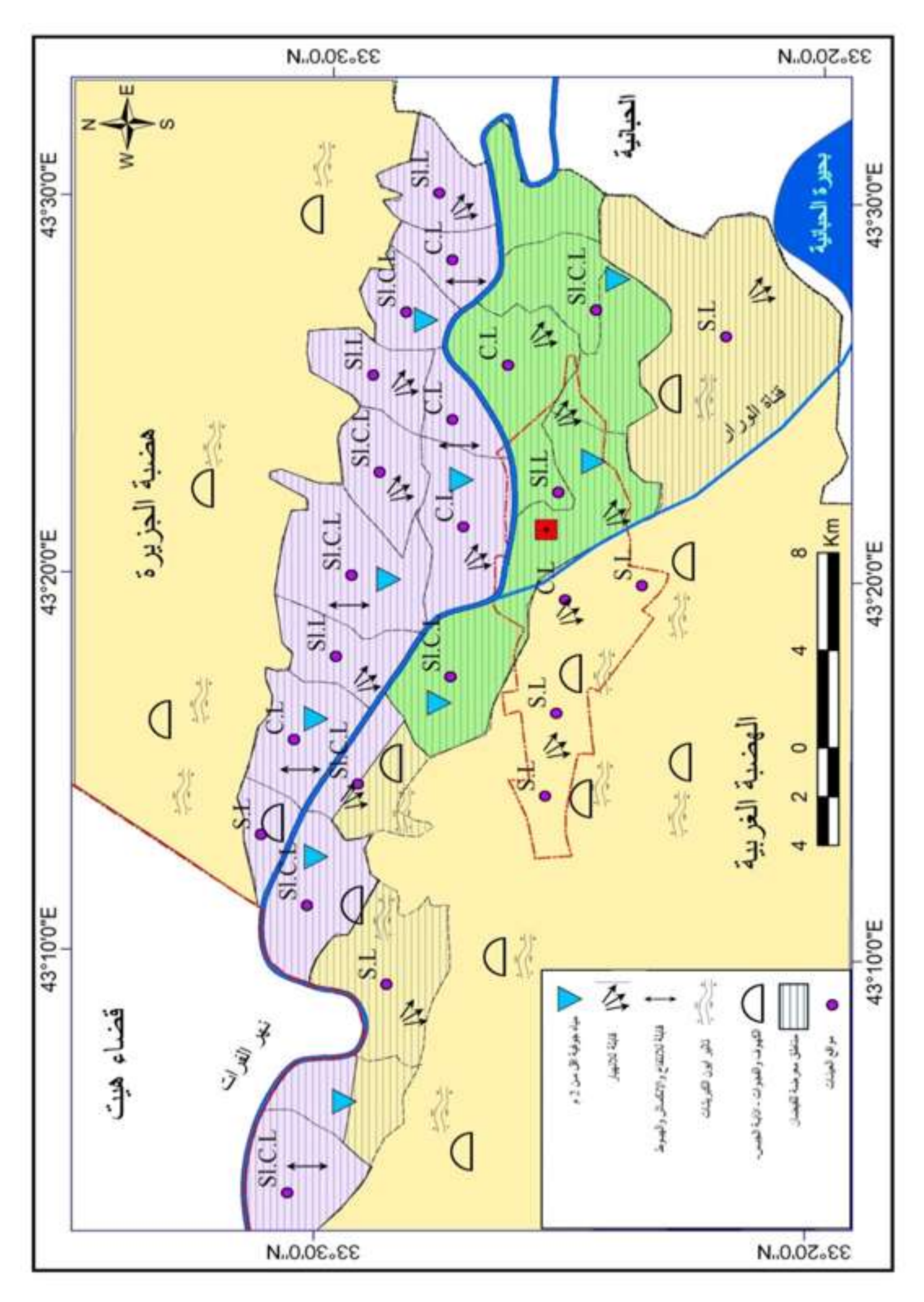
تُعدّ الخريطة الجيوتقنية من المستلزمات الأساسية في تخطيط المشاريع الهندسية لغرض تجنب المشاكل الموضعية المتوقعة، واتخاذ الإجراءات المناسبة للحدّ من تلك المشاكل،إذ تمثل الخريطة الخصائص الجيوتقنية بأفضل تمثيل وتغطي كل المساحة المدروسة، اذ تظهر المعلومات بصريا في الخريطة،التي تحتاج بعض الوقت لاختيار المواضع الملائمة لتخطيط المشاريع الهندسية،أوالمواضع التي تضم الكثير من المشاكل، وكذلك تقدم بسرعة متناهية المعلومات الضرورية للمواضع المقترحة في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية المتوقعة نتيجة زيادة في عدد السكان،وتكون هناك علاقة ما بين النمو السكاني والتوسّع في استعمالات الأرض في قضاء الرمادي، فزيادة عدد سكان المدينة يعني زيادة الحاجة الى وحدات سكنية جديدة لإيواء الزيادة الإضافية من السكان،وهذا بدورة يؤدي الى توسّع العمران نحو الأطراف،أواستغلال الأماكن الشاغرة داخل المدينة،أو استغلال الأراضي الزراعية لتوسع العمران في ريف قضاء الرمادي،وكذلك الحاجة الى التوسّع بالخدمات التعليمية والصحية والترفيهية، وخدمات البنى التحتية والطرق والجسور،

وهذا يتطلب الى أراضي جديدة من أجل هذا التوسّع، ومعرفة الخصائص الجيوتقنية لتلك الأراضي المتوقعة التي تمثل في الخرائط الجيوتقنية بسهولة وبسرعة وبتكاليف قليلة، وتستفيد منها في الدراسات والتخطيط الأولي لتوقيع المشاريع من حيث نوع التربة الأساس، والتي سيتم بناء الأساسات عليها، ومقدار تحمل التربة,ومعرفة محتوى التربة من الجبس والمواد العضوية وايون الكبريتات ومستوى المياه الجوفية، وهذه الخصائص التي تسبب الكثير من المشاكل التي تؤثر في تخطيط وإنشاء المشاريع الهندسية، ويمكن إبراز أهمية خريطة الخصائص الجيوتقنية والمشاكل المتوقع حدوثها.

لقد تم جمع المعلومات الجيوتقنية من مختلف مناطق مدينة الرمادي وتمثيلها في الخريطة باستخدام نظام التوقيع المكاني (GPS)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)،وتوظف جميع المعلومات الجيوتقنية على شكل صورة مصغرة لمساحة المدينة، من حيث أنواع الترب سواء كانت تربة الطينية او تربة رملية أو تربة غرينية او صحراوية، إن كل نوع من التربة لها خصائص تختلف عن الأخرى من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية المتمثلة بالمسامات البينية والنفاذية وقابلية الاحتفاظ بالماء، والتمدد والانكماش والأملاح، وزاوية الاحتكاك الداخلي،والمحتوى الرطوبي للتربة وحدّ السيولة ودليل اللدونة ومستوى المياه الجوفية، والنسبة المئوية لأيون الكبريتات ومحتوى التربة من الجبس، وقابلية تحمل التربة، وتباين وجود هذه الخصائص من مكان لآخر، وجميع هذه الخصائص تؤثر على المشاريع الهندسية المقامة حاليا،وكذلك تؤثر على تخطيط وتنفيذ المشاريع المقترحة في المناطق المتوقع التوسّع نحوها في مدينة الرمادي،لخريطة (10-7) المعلومات الجيوتقنية لمدينة الرمادي.



وتتضمن الخريطة الجيوتقنية المشاكل المتوقّع حدوثها في حالة تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية المقامة أو المقترحة في منطقة الدراسة، وعرض تلك المشاكل بصريّا، والتي توفّر الكثير من الجهد والوقت في التنبؤ لأخذ الاحتياطات والإجراءات الأزمة في معالجة والحد من أثر تلك المشاكل،الخريطة (10-8) تبين المشاكل الموضعية.



وكذلك التنبؤ بنوع الأساسات المقترحة ومقدار تحمل التربة،والانزلاق والهبوط والانتفاخ والانكماش التي تعتمد على قيم اللدونة والسيولة التي من خلالها معرفة جهد الانتفاخ،إذ صنّف جهداً بالمتوسط في الطاش و5 كم على عمق (4,5− 10 م) وحي الصناعي الغربي على عمق (3− 5 م) والورار على عمق (4,5− 7,5 م) وشارع ميسلون على عمق (3− 6 م) وسوق الجزارين على عمق (6− 10 م) وشارع المستودع على عمق (4,5− 10 م) والجمعية والملعب

على عمق (3– 10 م) وفي طوي والحامضية على عمق (1,5– 4,5 م) والطالعة على عمق (4,5– 6 م) والصهالات على عمق (4,5 م) والبوعلي الجاسم على عمق (3– 6 م).

بينما سجلت ترب بعض المناطق جهد عالي الانتفاخ في بعض أعماق التربة في كل شارع ميسلون على عمق (6– 10 م) والورار على عمق (7,5–10 م) والحي الصناعي الغربي على عمق (1,5–3 م) أما في الأجزاء الأخرى من منطقة الدراسة تكون احتمالية الانتفاخ معدومة أو ضعيفة .

وتظهر هذه المشاكل ولاسيما في الترب التي تحتوي على نسبة عالية من الطين التي لها خطورة على المشاريع الهندسية التي تقام فوق تلك الترب، وهذا النوع من الترب يصلح للاستخدامات الهندسية كطبقة غير منفذة ومعيقة لحركة المياه، وكذلك في نواة السدود الترابية وفي مناطق طمر النفايات،ولا يصلح هذا النوع من الترب كطمر خلف الجدران الساندة أو أسفل المنشآت الأرضية، كما من المتوقع في هذه الترب هبوط عال وطويل الأمد، كذلك من المتوقّع انهيار في التربة في حالة زيادة الحفر العمودي دون الميل، ويتراوح الحفر ما بين (4–6 م) وذلك أما نتيجة جفاف التربة وتشققها،أو نتيجة لتشبعها بمياه الأمطارن وخاصة في أنشاء المشاريع التي تحتاج الى الحفر مثل شبكة توزيع المياه والصرف الصحي، فضلاً عن وجود المياه الجوفية قريبة من سطح الأرض الطبيعية،والتي تسبب مشاكل لأسس المشاريع الهندسية، لان هذه الترب تمتاز بارتفاع الرطوبة الى الأعلى بفعل الخاصية الشعرية، على عكس الترب التي تحتوي على أكثر من (70%) من وزنها رمل لا يتأثر قوامها بالترطيب أو الجفاف، وقليل الاحتفاظ بالماء، وقليلة اللدونة وغير قابلة للتمدد والانكماش،والتي يضعف فيها فعل الخاصية الشعرية، كما أن ترتيبها يحدث خلال فترة قليلة من انجاز البناء، وتعدُّ هذه الترب ذات نفاذية كبيرة وتكون مادة ممتازة للتربة الحاملة للطريق،على عكس الترب الطينية التي تحتوي على نسبة عالية من معدن المنتمورولونايت،الذي يسبب الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف،أما التربة التي تحتوي على نسبة عالية من معدن الميكا التي تكون تربة مرنة يعني قابلة للانضغاط تحت الحمل، وعادة ترجع الى شكلها الأصلي عندما يزال الحمل .

كذلك تمتاز الترب الرملية بصغر زاوية الاحتكاك الداخلي التي تكون أكثر خطورة لعدم استقرار جوانب الحفر في ترب مناطق حي السكك والعزيزية (التل) والسينما وحي الضباط وحي المعلمين وتقاطع الأوقاف وشارع عشرين وحي التقدم والصوفية وقرية العصرية وزوية البوفراج والبوعبيد في حالة تنفيذ شبكات توزيع المياه والصرف الصحي ،ويجب إن يؤخذ بالنظر الاعتبار حماية جوانب الحفر باستخدام الصفائح الحديدية .

أما تأثير محتوى التربة من الجبس على الأبنية المقامة فوقها عند زيادة رطوبة التربة أو تسرّب المياه، مما يؤدي الى إذابة الترب الجبسية تحت الأسس،فيؤدي الى حدوث شقوق وتصدع في الأسس وجدران الأبنية، كذلك تكون زاوية الاحتكاك الداخلي أكبر من زاوية الترب الرملية،ولكن عندما تتعرّض الى المياه تضعف وتصبح قابلة للانهيار بسبب

انحلال الروابط خاصة بالجبس، كما تؤثر الترب الجبسية على تكسّر أنابيب شبكة توزيع المياه والصرف الصحي، نتيجة إذابة الجبس وتكون الفجوات والتكهفات حول الأنابيب، بسبب تباين الضغط المسلط عليها، كما إن إذابة الجبس حول قاعدة أعمدة توزيع الكهرباء التي تضعف قابلية التربة على التماسك والتي تسبب سقوط الأعمدة .

أما ذوبان الجبس في مواد الحاملة للطرق فانها تعرّض طبقات التبليط الى أضرار كبيرة، وتكون على شكل شقوق وهبوط تفاضلي للطرق.

كذلك تسبب الكثير من المشاكل في أنشاء السدود والجسور أو السدود الترابية،وتؤدي الى ذوبان وانحلال الجبس مما يولد منافذ مائية،وبذلك تحصل ظاهرة التآكل الداخلي مما يسبب في انهيار المنشآت الهيدروليكية.

إذ سجلت نسبة محتوى الجبس أكثر من الحد المسموح لها (10 %) في مواد الطبقات الأرضية على عمق (1,5 م) في كل من 18كم والطاش و7كم و5كم وحي السكك والجمعية والحوز والملعب والدوار والقرية العصرية وزنكورة والطرابشة.

كما يؤثر وجود ايون الكبريتات في التربة على أسس الأبنية والمنشآت التي تهاجم الخرسانة الكونكريتية، وتظهر فيها شقوق وتزداد حتى تسبب تفتتها، وكذلك تؤثر على أنابيب شبكة توزيع المياه والصرف الصحي والكهرباء،والتي تتفاعل مع اكاسيد الحديد وتسبب في تآكلها، ولاسيما في المناطق التي ترتفع فيها نسبة ايون الكبريتات عن (5%) في كل من 18كم والطاش و7كم و5كم وحي السكك وقرية العصرية والدوار وزنكورة والملعب والجمعية وشارع ميسلون والطرابشة.

إنَّ تباين مناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة من منطقة الى أخرى، ففي ارتفاع مناسيب المياه الجوفية تؤثر على قابلية تحمل التربة وكذلك على الأسس المقامة أو في حالة تنفيذها التي تؤدي الى ارتفاع الرطوبة في الأسس والجدران الأسيجة والأبنية، وكذلك تؤثر الرطوبة في قاعدة الأعمدة،اذ تؤدي الى تشقق وتفتت تلك القاعدة، إضافة الى حدوث الصدأ وتآكل تلك الأعمدة، إما في حالة ارتفاع الرطوبة الى أكثر من حَدّ السيولة مما يؤدي الى سقوط الأعمدة .

كما تؤثر المياه الجوفية في تنفيذ شبكة توزيع المياه والصرف الصحي من حيث أعاقة حركة العمال في مدّ وربط الأنابيب،وكذلك إن وجود المياه الجوفية تساعد في انهيار الجوانب الحفر، والتي تراوحت مناسيب المياه الجوفية في منطقة الدراسة ما بين (0,5– 3,6 م) تحت مستوى سطح الأرض الطبيعية .

إضافة الى إن المناطق التي تقع على ارتفاع ما بين (38–53م) عن مستوى سطح البحر التي تتعرض الى الفيضانات التي تدمر جميع المشاريع الهندسية المقامة في أبو طيبان وزوغير والدوار والقطنية والزنكورة وطوي والسورة والصوفية ومشيهد والدشة وزوية سطيح، وفي جميع الأحياء السكنية في مدينة الرمادي، وكذلك في المقاطعات في ريف مدينة الرمادي التي تقع على جهة اليسرى لنهر الفرات متمثلة في كل من الطرابشة والبوعساف والبوعلي

الجاسم والطالعة والبوذياب وزوية البوفراج والصهالات والجريشة والموح والحامضية والبوعبيد، وجميع هذه المشاكل المترتبة التي تؤثر في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية من الوحدات العمرانية وخدمات البنى التحتية والطرق والجسور القائمة حاليا او المقترحة في المستقبل نتيجة الزيادة السكانية.

المبحث الرابع–اتجاهات التوسّع العمراني المستقبلي في مدينة الرمادي

إنَّ التوسّع العمراني للقضاء جاء نتيجة ازدياد أعداد السكان، لذلك يُعدُّ السكان المحور الأساسي الذي تدور حوله الكثير من الدراسات وفي مختلف المجالات وخاصة في عمليات تخطيط المشاريع الهندسية، لأنَّ توسّع وتطور المدن وما يحيط بها له صلة وثيقة بحجم السكان ونموهم وتوزيعهم وتركيبهم وكثافتهم، وعلى هذا الأساس إن دراسة تقديرات السكان، كما جاء في المبحث الأول من هذا الفصل أمرا ضروريا في معرفة الاحتياجات المستقبلية من المشاريع الهندسية،والتي تحتاج الى مساحات من الأراضي التي بلغت (2055,4) هكتار في عام (2025) و(4459,63) هكتاراً في عام(2035) و(7722,22) هكتاراً في عام (2045)،وان الحاجة المستقبلية للأرض يحدد اتجاهات النمو العمراني لقضاء الرمادي.

ويعد التوسّع العمراني في المناطق الحضرية أمر طبيعي،بسبب النمو السكاني المستمر وما تبعة من تحسين الوضع الاقتصادي الذي يحتاج الى الوحدات العمرانية بكافة أنواعها،والذي يترتب علية تعدد أشكال وصور التوسّع العمراني وخاصة خدمات البنى التحتية والطرق والجسور ،والذي أدّى الى تغير واتساع الهيكل العمراني للمدينة، ولما كانت أرض المدينة ذات مساحة محدودة وان السكان في تزايد مستمر ، مما يولّد ضغطا على أرض المدينة، وبالتالي لابد من البحث عن أرض ضمن التصميم الأساسي وخارجه لتلبية حاجة سكان المدينة، بما إن مدينة الرمادي تحكمها مجموعة من المحددات الطبيعية والبشرية والتي لا تسمح بالامتداد العمراني إلّا باتجاهات محددة بين (الجنوب – الغرب) باتجاه (18كم).

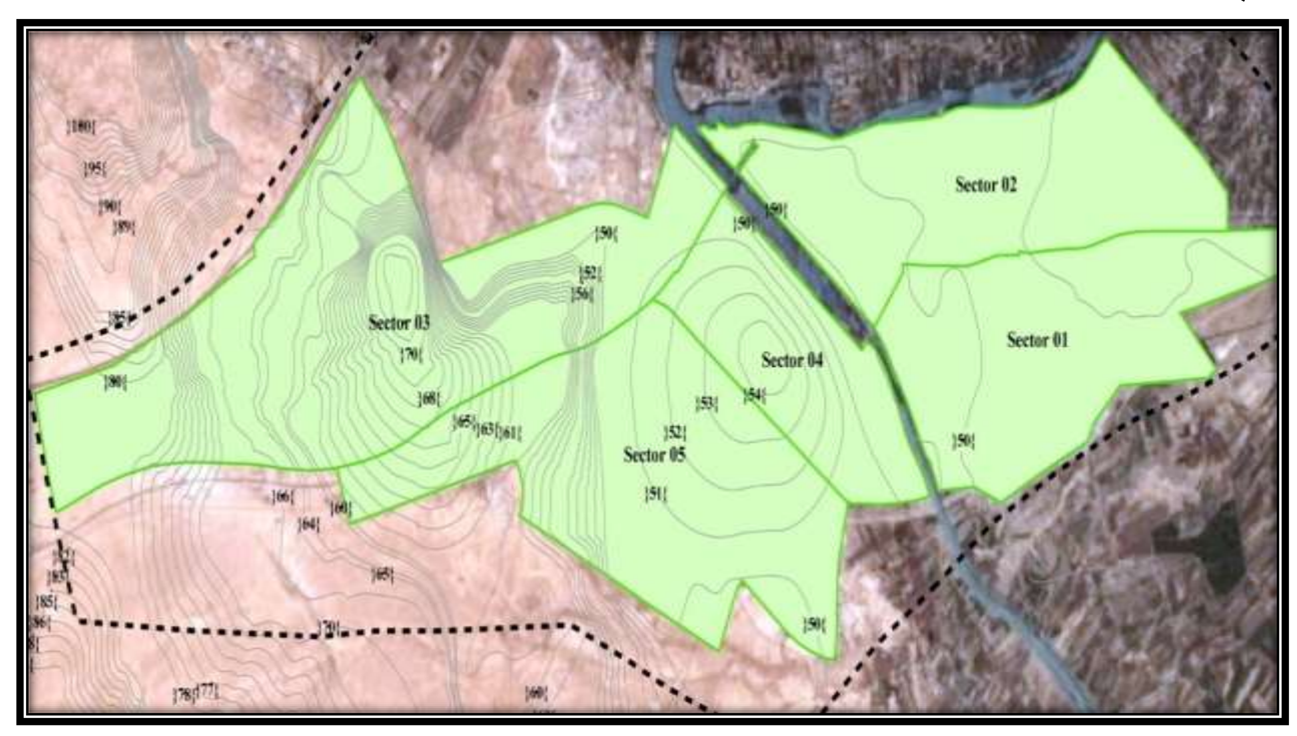
ولعلّ من أسباب ذلك وجود نهر الفرات والأراضي الزراعية في ريف مدينة الرمادي من جهة الشمال، أما من الشرق والجنوب لوجود بعض المحددات التي وقفت عائقا في توسعها،اذ كانت قرى الصوفية والسورة والسجارية ذات الطابع الزراعي العائق أمام توسع المدينة شرقا،في حين منعت بحيرة الحبانية وشواطئها المعرضة للانغمار في مواسم الفيضان من التوسع باتجاه الجنوب الشرقي.

بينما توجهت المدينة بالاتجاه المحصور بين (الجنوب– والغرب)، وذلك لوجود أراضي خالية وواسعة في تلك الجهات، إلّا أنها لا تصلح لإقامة المنشآت الهندسية عليها من حيث الخصائص الجيوتقنية للتربة إلا بعد تحسينها،وقد تم توزيع الأف قطع الأراضي السكنية بأسعار رمزية،وكذلك تم أنشاء الأف من الدور السكنية في (7كم) وإيصال خدمات البنى التحتية من الماء وشبكة الصرف الصحي والكهرباء الى هذه المجمعات السكنية .

وقد اتخذ توسع المدينة اتجاهين متعاكسين ومختلفين في الخصائص وهما:

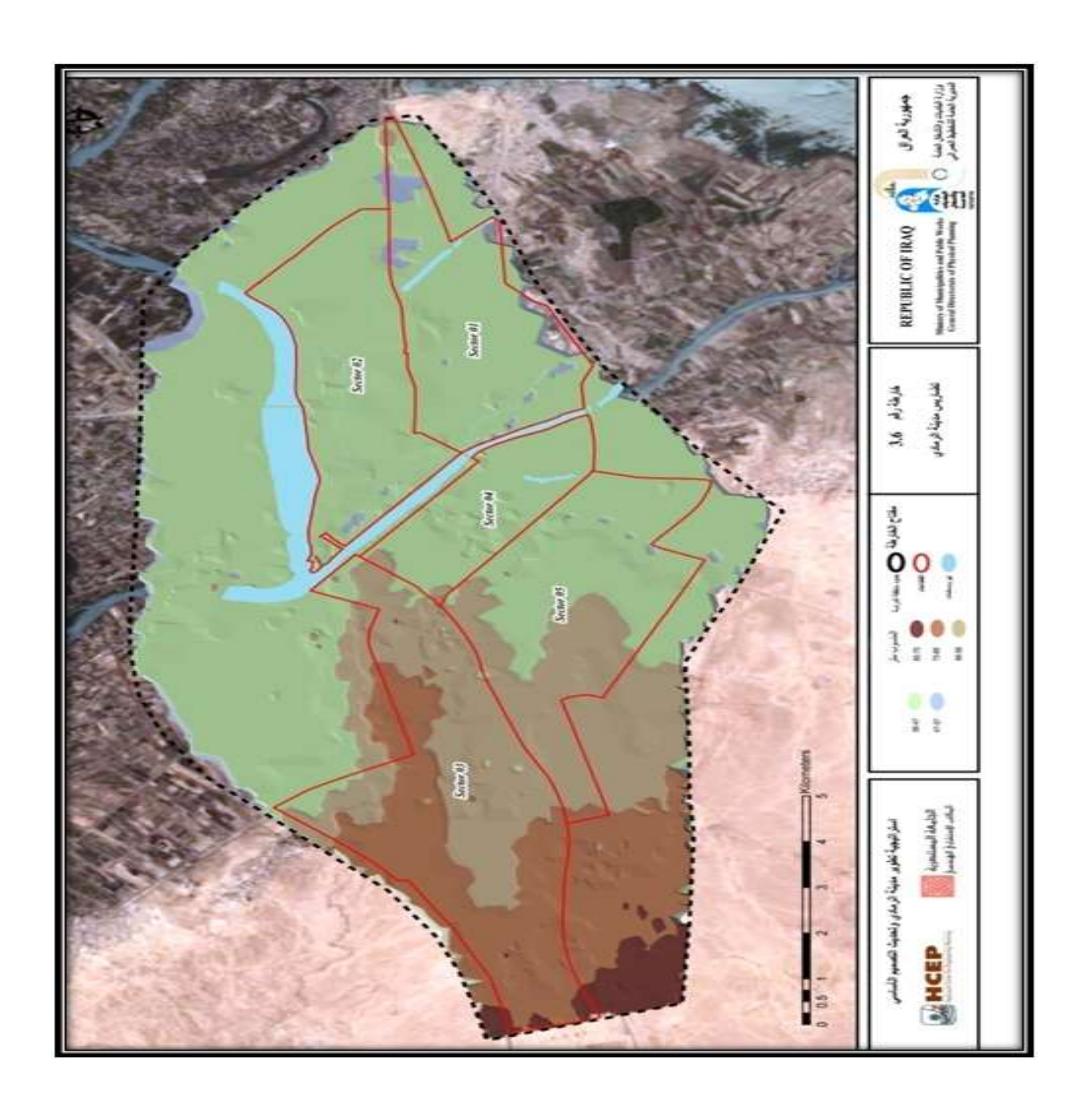
اولا–التوسع نحو الصحراء:

ان التوسع العمراني للمدينة بهذا الاتجاه ساعد المدينة من التخلص من أخطار الفيضانات المتوقعة التي تتعرض لها المناطق التي يتراوح ارتفاعها عن مستوى سطح البحر (38–53م)، بينما تأخذ تلك المناطق المقترحة لتوسع المدينة بالارتفاع التدريجي عن ذلك المستوى بالاتجاه نحو الهضبة الغربيةوبذلك تبتعد عن مخاطر الفيضانات المحتمل حدوثها،الخريطة (10–9) الوضع الطوبوغرافي لموضع مدينة الرمادي،تبين الارتفاع التدريجي بالاتجاه نحو الهضبة الغربية.



المصدر: المكتب الاستشاري الهندسي،الجامعة المستنصرية،إعداد التصميم الأساسي لمدينة الرمادي، تقرير المرحلة الثانية 2009.

إنَّ تحليل التكوينات الأرضية لموضع المدينة ومدى صلاحيتها للبناء والتشييد التي تحتوي على تكوينات رسوبية حديثة التكوين،إذ تتألف من الرمل الناعم والأطيان الغرينية والحصى،والتي استغلت تلك الأراضي في توسّع المدينة عمرانيا في الجزء المحصور بين مجرى نهر الفرات شمالا وقناة الورار جنوبا،وأخذ موضع المدينة بالتوسع عبر المراحل المختلفة باتجاه الهضبة الصحراوية، كما توضح الخريطة (10–10)توضح طبيعة توسع المدينة،وتتكون الهضبة الصحراوية من الترب الجبسية والطينية والطفل والفوسفات والدولومايت، وكذلك الامتداد العمراني نحو السهل الرسوبي، هنا يكون تباين في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك المناطق، ولما لها من تأثير في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية في تلك المناطق.



ثانيا– التوسّع العمراني نحو ريف مدينة الرمادي

إنّ التوسّع العمراني في المناطق الريفية يكون باتجاهات محددة عشوائيا، وتختلف العوامل المسببة للتوسّع العمراني تبعا لاختلاف الزمان والمكان، وازدياد عدد السكان بسبب الزيادة الطبيعية او الهجرة،مثال ذلك تعرض مدينة الرمادي الى الهجرة من المناطق الريفية في الأعوام 1967 و1968 و1969،عندما تعرض ريفها الى الفيضان،فضلا عن اختلاف التقدم التكنولوجي وارتفاع المستوى المعاشي ودرجة التطور الاجتماعي والاقتصادي وتركّز الخدمات في المدن الكبيرة، فقد كان لتلك العوامل دور في زيادة الهجرة نحو المدينة، مما قلل من توسّع العمران على حساب الأرض الزراعية في تلك الفترة.

إما في الفترات اللاحقة ولاسيما بعد إقامة سدّ حديثة الذي قلل من خطر الفيضانات فقد شهد ريف القضاء توسّع عمراني على حساب الأراضي الزراعية،فقد أدّى الى حدوث مشاكل عديدة كتناقص الإنتاج الزراعي وضعف الأمن الغذائي في منطقة الدراسة، مما اضطّرها الى استيراد المواد الغذائية من الخارج لسدّ حاجات السكان من الغذاء، كما إن الزحف العمراني على الأراضي الزراعية يمثل أحد العوامل التي أدت الى التصحّر، وبالفعل تحوّلت الكثير من الأراضي الزراعية في منطقة الدراسة الى أرض غير صالحة للزراعة،كما يعد الإرث أحد العوامل الاجتماعية التي أسهمت في التوسّع العمراني، وبالتالي أسهمت في تفتيت ملكية الأرض الزراعية،إذ أنّ ازدياد عدد السكان يتبعة زيادة الأسر وزيادة حاجتها الى بناء وحدات السكنية على حساب الأرض الزراعية،والتي هي ملك للعائلة الوارثة، فيتم تقسيم الأرض الزراعية المملوكة وتوزيعها على الورثة لغرض تشييد الوحدات السكنية، ولاسيما الأسر التي تمتلك مساحات كبيرة من الأرض الزراعية، فقد انتفت عنها حرفة الزراعة وتحولت الى ارض بور متروكة،واتجه أصحاب الأراضي للعمل في الوظائف الحكومية التي شجعت كثير من الأسر على بناء وحداتهم السكنية ذات المساحات الكبيرة بطراز عمراني حديث وبأشكال مختلفة، وقد أدت الرغبة في توسع مساحة البيت وفضاءاتة والحديقة المنزلية الى إشغال مساحات مهمة من هذه الأراضي، ويكون هذا التوسّع على حساب الأرض الزراعية، ولم يقتصر الحاجة للبناء على الوحدات السكنية، بل تعداه الى بناء المحلات التجارية والصناعية والخدمية، ممّا أسهم في زحف التوسّع العمراني على أجود الأراضي الزراعية وتناقص مساحتها، فأدى الى حدوث مشاكل عديدة كتناقص الأراضي الصالحة للزراعة الى اقل من 50% من المساحة الكلية، وبالتالي تناقص الإنتاج الزراعي وضعف الأمن غذائي للدولة، ويتوزع فيها السكان على شكل تجمعات سكانية متصلة تقريبا،أو متقاربة، وعلى شكل بيوت منفردة.

وتعد تربة المنطقة جزء من تربة السهل الرسوبي ذات البنية الجيولوجية الضعيفة، والمياه الجوفية تكون قريبه من السطح، وهذا يجعل ضعف أمكانية تحمل التربة الإثقال التي تولدها المنشآت، لكونه أمر غاية في الصعوبة إلّا بعد تحسينها.

ولغرض الحفاظ على الأراضي الزراعية من التوسّع العمراني يفضل اتجاه التوسّع العمراني في ريف مدينة الرمادي نحو الشمال باتجاه الهضبة في الجهة الشمالية من مجرى النهر نحو هضبة الجزيرة بعد إجراء عمليات التسوية والحدل لتلك الأراضي، ومن ثم أجراء تخطيط وتصميم الوحدات العمرانية والمجمعات السكنية والخدمات المجتمعية، وإيصال كافة خدمات البنى التحتية والطرق المبلطة، واستثمار الأرض غير الصالحة للزراعة في الاستعمال السكني،علما أنَّ تلك الأراضي غير ملائمة في إقامة المنشآت الهندسية عليها من حيث الخصائص الجيوتقنية للتربة الا بعد تحسينها،وان يؤخذ بنظر الاعتبار الإجراءات اللازمة في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية في تلك المناطق لحماية الأرض الزراعة من التوسّع العمراني، ولاسيما في ريف المدينة الرمادي من جانب،

وكذلك الابتعاد عن مخاطر احتمالية حدوث الفيضانات في جميع مقاطعات ريف مدينة الرمادي الذي يتراوح ارتفاعاته عن مستوى سطح البحر (38م– 53م)، والاتجاه نحو هضبة الجزيرة التي تمتاز بارتفاعات أعلى من السهل الرسوبي من جانب آخر.

وهذا يعني الاهتمام بوضع مخطط عمراني لاستيعاب الزيادة السكانية التي ستحصل في ريف قضاء الرمادي،الأمر الذي يحتاج الى ضرورة التخطيط لمواجهة المخاطر التي تهدد الأراضي الزراعية، وهذا يتطلب العمل على التوجّه في استثمار الأراضي الصحراوية في هضبة الجزيرة من قبل الجهات المسئولة وإيصال كافة الخدمات، وإعداد تصاميم لوحدات سكنية منتظمة والحفاظ على الاراضي الخصبة لتستغل في النشاط الزراعي فقط.

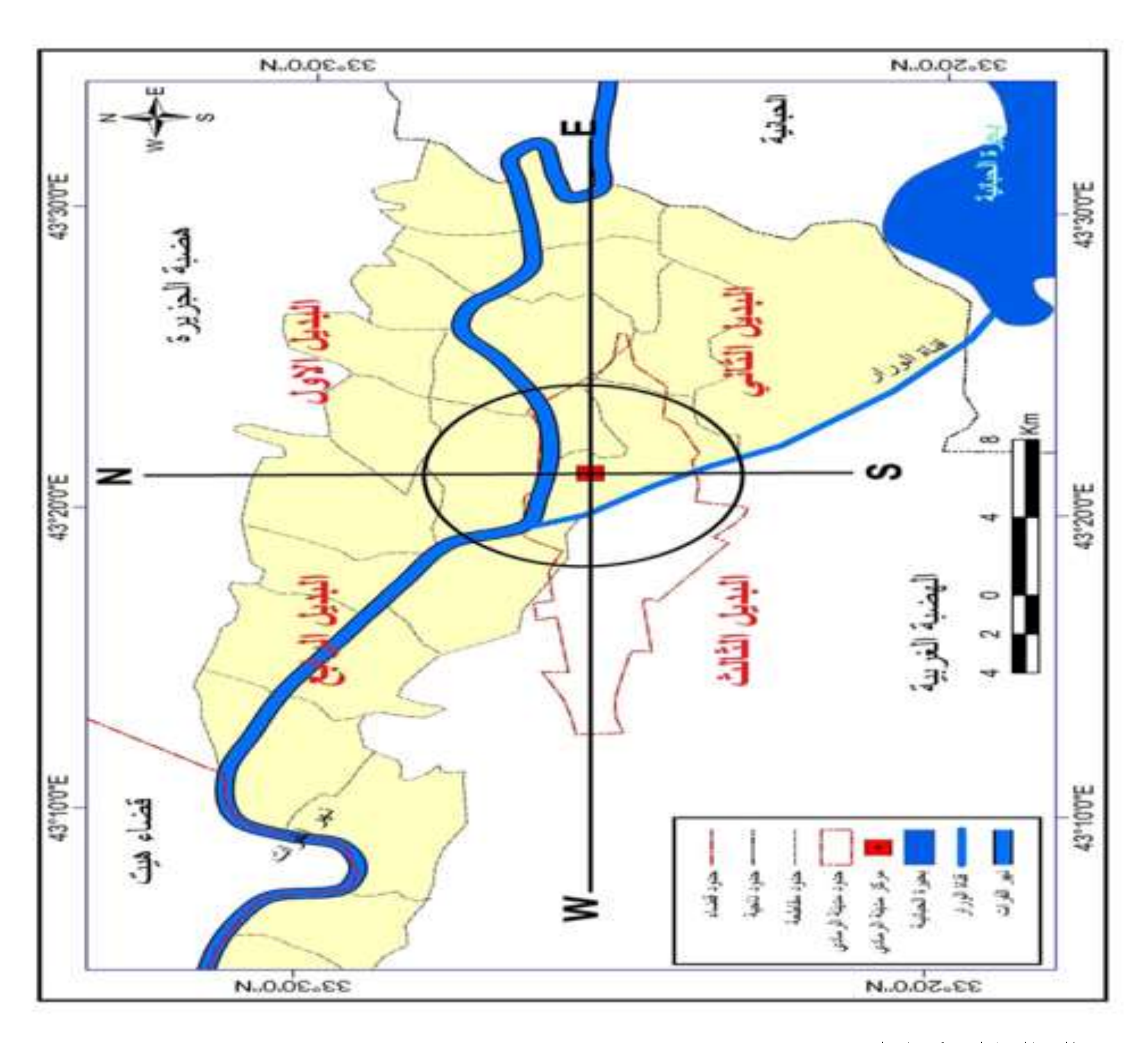
ويحتاج الى سن القوانين التي تمنع التجاوز على الأراضي الزراعية أو البناء فيها أو ضمن الأراضي المزروعة بالبساتين والمحاصيل الأخرى، وفرض غرامات مالية على المتجاوزين، ولا تمنح إجازات البناء إلّا بأمر من وزارة الزراعة .

وأصدار قانون حق استغلال الأرض وعدم التصرّف بها لكونها ملك عام وليس خاص، لأنها تمثل مصدر رزق الشعوب،وسحب الأرض ممن الم يستغلها.

المبحث الخامس– اساليب اختيار المواضع الملائمة لتخطيط المشاريع الهندسية

أولا–اختيار الموضع الأمثل لتوسّع المشاريع الهندسية في مركز مدينة الرمادي

استجابة للمشاكل التي قد تنجم عن الخصائص الجيوتقنية المتعلقة بتخطيط المشاريع الهندسية واختيار الموضع الأمثل في تخطيط وتنفيذ تلك المشاريع فلابد من معرفة الخصائص الجيوتقنية للتربة، وأخذ بعض الإجراءات والاحتياطات اللازمة لغرض تقليل والحد من المشاكل المتوقعة، والحفاظ على سلامة المشاريع الهندسية التي سوف تقام في الموضع الأمثل،لاستيعاب الزيادة السكانية المتوقعة لمدينة الرمادي فقد تم اختيار أربعة بدائل موقعيه تم تحديدها على أساس أرباع الدائرة الاتجاهية، كما فيالخريطة (10–11).



وسيتم توضيح تلك البدائل وكما يلي:

1-البديل الأول :

يمثل هذا البديل باختيار موضع شمال شرق المدينة، إذ يتضح من الخريطة (10-12)،إن موضع هذا البديل يمتد باتجاه يسار مجرى نهر الفرات في منطقة الجزيرة،والتي تمتاز بكونها منطقة زراعية يتوزع فيها السكان على شكل قرى متقاربة أحيانا وعلى شكل بيوت منفردة أحيانا أخرى، والتي تربتها جزء من تربة السهل الرسوبي ذات البنية الجيولوجية الضعيفة، والمياه الجوفية تكون قريبة من سطح الارض ،والتي تقلل من قوة الانضغاطية، كما تؤثر على رطوبة الأسس وجدران الأبنية، وكذلك مقارنة الخصائص الجيوتقنية بين البدائل المقترحة، فضلا عن ازدحام حركة المرور في ذلك الموضع نتيجة للزيادة السكانية،فضلا عن كون نهر الفرات يمثل حدا طبيعيا بين هذا الموضع والمدينة .

2- البديل الثاني :

يتمثل هذا البديل باختيار موضع يقع في الربع الثاني من الدائرة الاتجاهية،أي ما بين الاتجاهين الشرقي والجنوبي للمدينة،وبحكم هذا الموضع فإنّه يقع ضمن حوض بحيرة الحبانية وبخاصة في حالة الخزن الحي.

3–البديل الثالث:

يتمثل هذا البديل باختيار موضع يقع ما بين الجنوب والغرب،أي بالاتجاه الجنوبي الغربي من الدائرة الاتجاهية،وأهم ما يميز هذا الموضع كونه يمثل جزءا من الهضبة الصحراوية،التي تمتاز برخص أرضها وكونها مملوكة للدولة، ولا يمارس فيها أي نشاط اقتصادي، فضلا عن تركيبها الجيولوجي الذي يتحمل إنشاء المشاريع الهندسية وعمق المياه الجوفية، ويمتاز هذا الموقع بقلة عدد السكان أو انعدامه وخلوه من التضاريس الأرضية التي تؤثر في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية من حيث التجانس الحضري، كالوديان والمنخفضات والتلال والتي تحول دون توسعها المستقبلي، إضافة إلى سهولة الوصول إلى هذا الموضع لقربه من سكة الحديد وطريق رمادي – الرطبة، ولا يبعد كثيرا عن الخط السريع ، ومن مشاكل هذا الموضع ارتفاع نسبة محتوى الجبس ونسبة ايون الكبريتات في التربة.

4–البديل الرابع :

يتمثل هذا البديل باختيار موضع يقع ضمن الربع الرابع من الدائرة الاتجاهية الذي يمتد على نطاق يشمل جزيرة البوذياب يسار مجرى نهر الفرات، ومنطقة طوي وزنكورة على يمين مجرى النهر، وتتماثل الخصائص الطبيعية لهذا الموضع إلى حد بعيد مع خصائص البديل الأول .

بعد هذا العرض للبدائل الموضعية وأهم ما تتصف أو تمتاز به من خصائص تنافسية للموضع الأمثل لتوسّع المشاريع الهندسية في مدينة الرمادي تجري عملية المفاضلة بينها لاختيار الموضع الأفضل كبديل للمواضع الحالية، وستكون المفاضلة وفق مجموعة من العوامل بعد إعطائها درجات مفاضلة مفترضة من قبل الباحث، وعلى شكل قيم رقمية يمكن من خلالها تحديد الموضع الأفضل،لأنَّ القيم الرقمية للظواهر تعطي الباحث تصورا أكثر دقة عن واقعها في قالب قياسي محدد بالنسبة لجميع العوامل مجتمعة،وتسهيل مهمة ألاختيار، كما يوضح الجدول رقم (3–10)، وكما يأتي:

1–استغلال الأرض: إذا كانت الأرض مستغلة بأي نشاط اقتصادي آخر وبخاصة النشاط الزراعي تعطى درجة مفاضلة مقدارها (1) وإذا كانت مستغلة جزئيا تعطى الدرجة (2) وإذا كانت خالية تعطى (3) .

2–تخطيط المشاريع الهندسية بشكل منتظم: إذا كان توسّع المشاريع الهندسية على الأراضي مملوكة من قبل الأفراد، فيكون تخطيط تلك المشاريع بشكل عشوائي غير منتظم فتعطي درجة تفاضلية (1)، وإذا كان التوسع العمراني في مناطق مأهولة بالسكان فتعطي درجة تفاضلية (2)، أما إذا كانت الأراضي خالية ومملوكة للدولة فيكون تخطيط المشاريع الهندسية بشكل منتظم فتعطي درجة تفاضلية (3).

3–محتوى التربة من الجبس: إذا كانت محتوى الجبسي أكثر من الحد المسموح به (10%) تعطي درجة مفاضلة (1)، وإذا تتراوح بين (5–10 %) تعطي درجة مفاضلة (2)، إذا أقل من (5%) تعطي درجة تفاضلية (3).

4-نسبة ايون الكبريتات: إذا كانت نسبة ايون الكبريتات أكثر من (10%) فتعطي درجة تفاضلية (1) ،أما إذا كانت نسبة ايون الكبريتات تتراوح ما بين (5-10%) فتعطي درجة مفاضلة (2) ، أما أقل من ذلك تعطي درجة مفاضلة (3).

5-مناطق المعرضة للفيضان: تعطي درجة تفاضلية (1) للمناطق المعرضة للفيضان التي يتراوح ارتفاعها بين (38-53 م) فوق مستوى سطح البحر ، والمناطق التي تتراوح ما بين (53-67 م) فوق مستوى سطح البحر تعطي درجة تفاضلية (2)،أما إذا كانت بعيدة عن خطر الفيضانات أكثر من (67م) فوق مستوى سطح البحر فتعطي درجة تفاضلية (3).

6-سعر الأرض: تقسم على ثلاثة مراتب عالية الثمن (1)،متوسطة الثمن (2) ،رخيصة الثمن أو مملوكة للدولة (3).

7-البنية الجيولوجية: إن ضعف صلابة التربة يحول دون إقامة بعض المنشآت الهندسية، وإذا ما أريد تحسينها فإنها تحمل المشروع كلفة إضافية،وقسمت التربة إلى ثلاثة مراتب حسب صلابتها،هي تربة ضعيفة تعطى درجة مفاضلة مقدارها (1) و متوسطة (2) وصلبة (3) .

8-مستوى المياه الجوفية: يؤثر هذا العامل وكما مرّ ذكره في ناحيتين أولهما ضعف تحمل التربة وثانيهما ارتفاع رطوبة الأسس والجدران، وتمتاز المناطق التي يكون فيها عمق المياه الجوفية كبيرا بأنها الأصلح لاقامة المشاريع ولهذا تعطى درجة مفاضلة (3) والمتوسطة (2) والمناطق التي يكون فيها الماء الجوفي قريب من السطح (1) .

9-سهولة الوصول وإمكانية ربط الموضع البديل بالطرق العامة: يعطى الموضع درجة تفاضلية مقدارها (3) إذا كانت عملية الوصول أسرع وأقل ازدحاما مروريا بسبب انفتاح المدينة نحو الخارج، فضلا عن إمكانية ربطه بالطرق العامة للسيارات والسكك الحديدية، وإذا كانت الحالة متوسطة فتعطى درجة تفاضلية (2)،أما إذا كانت هناك صعوبة لوجود عوارض كالأنهار والوديان التي تحتاج الى إنشاء الجسور وعملية ربطه بالطرق العامة المشار إليه فيها شيء من الصعوبة فيعطى الدرجة (1) .

10-إمكانية التوسّع المستقبلي للمشاريع الهندسية: إذا كان الموضع يعطي حرية كبيرة للمنشأت بالتوسّع مستقبلا يعطى الدرجة التفاضلية (3)،أما إذا كان يسمح بها على نطاق محدد فيعطى الدرجة (2)، أما إذا كان الموضع لا يسمح لها بالتوسّع فيعطى الدرجة (1) .

11-الكثافة السكانية: إذا كان الموضع يمتاز بكثافة سكانية عالية يعطى الدرجة التفاضلية (1)،أما إذا كان ذا كثافة سكانية متوسطة فيعطى الدرجة (2)،أما أذا كان الموضع قليلَ الكثافة أو خالياً من السكان فيعطى الدرجة (3).

12-اتجاهات النمو العمراني : إذا كان الموضع باتجاه النمو العمراني للمدينة يعطى الدرجة التفاضلية (3)،أما إذا كان النمو العمراني بهذا الاتجاه متوسطاً يعطى الدرجة (2)، ويعطى الدرجة (1) إذا كان النمو العمراني محدوداً جدا.

13-مساحة المكان:إذا كانت مساحة المكان التي يراد به أن يكون موضعا لإقامة المنشآت الهندسية واسعةً ويستطيع استيعاب جميع المشاريع المزمع إقامتها يعطى الدرجة التفاضلية (3)،وإذا كان متوسط المساحة يعطى (2)،أما إذا كان ضيق المساحة يعطى الدرجة(1) .

وإن كان تحديد الموضع الأمثل للمشاريع الهندسية ليست بالأمر السهل، اذ إن قيام المشاريع الهندسية في مناطق ملائمة من حيث الخصائص الجيوتقنية في موضع ما، فضلا عن توفر عدة ضوابط تشترك مجتمعة وبنسب متفاوتة في تحديد قيامها، ولكن مع ذلك إذا قورنت نتائج الجدول السابق نجد الربع الثالث من الدائرة الاتجاهية قد حصل على أعلى درجة تفاضلية في لتوسّع المشاريع الهندسية نحوه، وعليه يكون البديل الأفضل للتوسّع في مدينة الرمادي وهو جنوب غرب المدينة، كما يوضّح الجدول رقم (3-10).

درجات التفاضل بين البدائل الموضعية المختارة لتوسع المشاريع الهندسية في مركز مدينة الرمادي

البدائل الموقعية / العوامل	البديل الأول	البديل الثاني	البديل الثالث	البديل الرابع
استغلال الأرض	1	1	3	2
تخطيط المنتظم	1	2	3	1
نسبة الجبس	3	3	1	2
نسبة ايون الكبريتات	3	3	1	2
مناطق معرضة للفيضان	1	1	3	1
سعر الأرض	1	2	3	1
البنية الجيولوجية	1	1	3	1
مستوى الماء الجوفي	1	1	3	1
سهولة الوصول	1	1	3	2
إمكانية التوسع	1	1	3	1
الكثافة السكانية	2	3	3	2
اتجاهات النمو العمراني	1	1	3	1
مساحة المكان	1	1	3	2
المجموع	18	21	35	19

ثانيا–اختيار البديل الأمثل لتوسّع المشاريع الهندسية في ريف مدينة الرمادي

1–البديل الأول

يتمثل موضع هذا البديل في ريف مدينة الرمادي ويكون لتوسّع المشاريع الهندسية على حساب الأراضي الزراعية، وتتماثل الخصائص الطبيعية لهذا الموضع الى حدٍ بعيد مع خصائص البديل الأول والبديل الرابع في توسّع المشاريع الهندسية في مدينة الرمادي .

2–البديل الثاني

يتمثل هذا البديل باختيار موضع يقع في شمال ريف مدينة الرمادي، في هضبة الجزيرة، وأهم ما يميز هذا الموضع كونه يمثل جزءا من الهضبة الصحراوية،والتي تمتاز برخص أرضها وكونها مملوكة للدولة ولا يمارس فيها أي نشاط اقتصادي، فضلا عن تركيبها الجيولوجي الذي يتحمل إنشاء المشاريع الهندسية، وعمق المياه الجوفية،وتتماثل الخصائص الطبيعية لهذا الموضع مع خصائص البديل الثالث في توسّع المشاريع الهندسية في مركز مدينة الرمادي.

بعد هذا العرض للبدائل الموضعية وأهم ما تتصف أوتمتاز به من خصائص تنافسية للموضع الأمثل لتوسع المشاريع الهندسية في ريف مدينة الرمادي، تجري عملية المفاضلة بينها لاختيار البديل الأفضل، وتكون المفاضلة على وفق مجموعة من العوامل بعد إعطائها درجات مفاضلة مفترضة، كما يوضح الجدول (10–4) درجات التفاضل بين البدائل الموقعية المختارة لتوسّع المشاريع الهندسية في ريف مدينة الرمادي.

البدائل الموقعية العوامل	البديل الأول	البديل الثاني
استغلال الأرض	1	3
تخطيط المنتظم	1	3
نسبة الجبس	3	1
نسبة ايون الكبريتات	3	1
مناطق معرضة للفيضان	1	3
سعر الأرض	1	3
البنية الجيولوجية	2	3
مستوى الماء الجوفي	1	3
سهولة الوصول	2	3
إمكانية التوسع	1	3
الكثافة السكانية	1	3
اتجاهات النمو العمراني	3	1
مساحة المكان	1	3
المجموع	21	33

ويتضح من خلال نتائج الجدول تكون الدرجة العليا للمفاضلة (33) الذي يعد البديل الأفضل لتوسّع المشاريع الهندسية في ريف مدينة الرمادي من بين البدائل التي طرحت، وحدد من خلال جملة من المعطيات اتجاه الموضع النهائي.

المبحث السادس–الإجراءات اللازمة لتخطيط المشاريع الهندسية في المناطق المقترحة

يعدّ البديل الأفضل لتوسّع المشاريع الهندسية في مدينة الرمادي الذي حصل على أعلى درجة تفاضلية (35) نقطة من مجموعة العوامل التي حاز عليها الربع الثالث في الاتجاه المحصور بين غرب وجنوب مدينة الرمادي من الدائرة الاتجاهية .

وكذلك البديل الثاني لتوسّع المشاريع الهندسية في ريف مدينة الرمادي الذي حصل على أعلى درجة تفاضلية (33) نقطة في اتجاه الشمال ريف قضاء الرمادي في هضبة الجزيرة .

هذان البديلان اللذان حددا بجملة من العوامل التي اعتمدت في اختيار البدائل الأفضل لتوسّع المشاريع الهندسية، إنهما لا يصلحان لإقامة المشاريع الهندسية عليها من حيث بعض الخصائص الجيوتقنية، إلّا بعد إجراء تحسينات في خصائصها الكيميائية والفيزيائية، والتي تمتاز بارتفاع محتوى التربة من الجبس ونسبة ايون الكبريتات فعند تخطيط المشاريع الهندسية يجب أن يؤخذ بعض الاحتياطات والإجراءات اللازمة للحدّ وتقليل من المشاكل التي تواجهه في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية، ولغرض تغطية الموضوع بشكل أفضل سيتم تناول المشاريع الهندسية كل على حده.

ثانيا– تخطيط الوحدات العمرانية

عند تخطيط وتصميم الوحدات العمرانية في البدائل المحددة للتوسّع في المشاريع الهندسية في مدينة الرمادي التي اقترحت من خلال جملة من العوامل،والتي تمتاز بارتفاع محتوى التربة من الجبس ونسبة ايون الكبريتات . ومن المعروف إنَّ ارتفاع نسبة الجبس في التربة تعد مصدرا لكثير من المشاكل عند تعرضها للماء، التي تنحل مادة الجبس وتذوب تاركة فراغات وتكهفات كبيرة تؤدي الى هبوط غير متجانس،وحدوث تشققات كبيرة وانهيارات متعددة في الأسس والجدران الأبنية .

عند تخطيط وتصميم المشاريع الهندسية في الترب الجبسية يجب اتخاذ بعض الإجراءات اللازمة من خلال ما يأتي:

أ–إزالة الترب الجبسية المستخرجة من الموضع بعد الحفر، واستبدالها بتربة نظيفة .

ب–ضغط التربة جيدا عن طريق الحدّل (الرص) لزيادة كثافة التربة .

ت–منع المياه السطحية ومياه الأمطار من الوصول الى الأسس والتخلّص منها بعيدا عن الموضع.

ث–مدّ أنابيب المياه فوق الأرض لتكون مرئية للكشف عن أي تسرّب في الشبكة.

ج–تروي الحدائق بأسلوب الرش فقط .

ح–يجب أنْ يكون عرض الرصيف أكثر من (1,5م) حول المبنى.

وكذلك يؤثر ايون الكبريتات الى مهاجمة الكتل الكونكريتية للأسس الأبنية،فتظهر شقوق وبالتالي تعرض حديد التسليح داخل الخرسانة الى التآكل بسبب الكلوريدات والأملاح والمياه، مما يؤدي الى تفتت تلك الأسس.

وفي المناطق المذكورة يجب أنْ يؤخذ بالنظر الاعتبار تأثير أيون الكبريتات على الأسس واتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية الأساسات أيا كان نوعها من الأملاح التي توجد في التربة أو في المياه الجوفية ومنها ما يأتي:

أ–أن تكون الخرسانة المستخدمة ذات تكوين يعطي كثافة عالية ونفاذية ضئيلة ويمكن تقليل النفاذية بإضافة مواد خاصة الى ماء خلط الخرسانة تتكون أساسا من سيليكات الصوديوم على أن لا تكون ضارة بالخرسانة.

ب–أن يكون الركام المستعمل في الخرسانة من نوع سليكي وخال من الشوائب الكلسية.

ت– أن يستبعد خرسانة الأساس من السطح الملاصق للتربة السطحية التي تمتاز بارتفاع نسبة ايون الكبريتات فيه.

ث-يمكن صناعة خلطة الخرسانة حسب نوع وكمية الأسمنت باختلاف نسبة ايون الكبريتات في التربة.

ج-يمكن استعمال الأسمنت البورتلاندي العادي في خرسانة الأساس في المناطق التي تصل فيها درجة تركيز أملاح الكبريتات أقل من (1%)، وفي المناطق التي تزيد درجة تركيز أملاح الكبريتات على ذلك يفضل استعمال أنواع خاصة من الأسمنت المقاوم للكبريتات .

2-خدمات البنى التحتية

عند تخطيط وتنفيذ خدمات البنى التحتية في المناطق المقترحة لتوسّع المشاريع الهندسية في مدينة الرمادي لاستيعاب زيادة السكانية في سنة الهدف،والتي تمتاز بارتفاع محتوى التربة من الجبس فعند تعرضها للمياه سواء كانت مياه الأمطار أوالمياه السطحية أو تسرب المياه من شبكة توزيع المياه والصرف الصحي، مما يؤدي الى ذوبان التربة الجبسية وظهور فجوات وتكهفات حول الأنابيب، وتصبح الطبقة العليا للتربة قابلة للانهيار، وتفاقم هذه المشكلة في حالة مدّ شبكة توزيع المياه والصرف الصحي في وسط الطرق، وخاصة في هذه المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الجبس، وبالتالي تسبب مشاكل في شبكة توزيع المياه وتدمير الطرق في نفس الوقت.

عند تنفيذ هذه المشاريع التي تحتاج الى عمليات حفر، فتكون زاوية الاحتكاك الداخلي للترب الجبسية أكبر من زاوية الترب الرملية، وخاصة إذا كانت التربة جافة، أما في حالة تعرضها للرطوبة أو سقوط الأمطار أثناء عمليات الحفر، مما يؤدي الى انهيار جوانب الحفر عند تنفيذ هذه المشاريع نتيجة انحلال روابط مادة الجبس وتصبح قابلة للانهيار.

كما أن تنفيذ شبكة توزيع الكهرباء في المناطق المقترحة التي تتعرض الى الكثير من المشاكل، ولاسيما في حالة إذابة الجبس حول قاعدة الأعمدة التي تضعف قابلية التربة على التماسك التي تسبب سقوط الأعمدة، فعند تنفيذ المشاريع الهندسية في المناطق التي ترتفع فيها نسبة الجبس يجب أن تؤخذ الاحتياطات اللازمة من خلال عدم السماح بتجمع مياه الأمطار أو المياه السطحية بالقرب من المشاريع الهندسية فتعمل على تدميرها، ومنع تسرب المياه من شبكة توزيع المياه والصرف الصحي الى الترب الجبسية،وعدم تنفيذ شبكة توزيع المياه والصرف الصحي في وسط الطرق بل تكون ضمن الرصيف المخصص للمشاة،كما يجب أن يكون هناك زيادة في العمق والعرض في بناء قاعدة الأعمدة الخاصة بتوزيع الكهرباء والهاتف في المناطق التي تحتوي على نسبة عالية من الجبس .

فعند تخطيط وتنفيذ خدمات البنى التحتية المتمثلة بشبكة توزيع المياه والصرف الصحي والكهرباء والهاتف في المناطق المقترحة التي ترتفع فيها ايون الكبريتات والأملاح التي لها القابلية على التفاعل مع أكاسيد الحديد والتي تؤدي الى تآكل أنابيب شبكات توزيع المياه وأعمدة توزيع الكهرباء والهاتف، كما تؤدي الى تكسر وتشقق قاعدة الأعمدة التي ستنفذ في تلك المناطق، يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار الإجراءات اللازمة في تخطيط شبكة

أنابيب المياه من خلال استخدام أنابيب مقاومة لتآكل ايونات الكبريتات والأملاح، أومن خلال تغليفها بمادة عازلة التي تمنع تأثير ايونات الكبريتات والأملاح، وكذلك تمنع وصول الرطوبة اليها، فضلا عن استعمال الاسمنت المقاوم للكبريتات والأملاح في خرسانة قواعد أعمدة الكهرباء والهاتف.

3-الطرق والجسور

تعدّ عملية تخطيط الطرق والجسور من الأمور المهمة لاستيعاب الزيادة السكانية المتوقعة في سنة الهدف، مما يتطلب الحاجة المتزايدة الى إنشاء الطرق والجسور في نقل الناس والبضائع من مكان الى آخر، ويمكن دراسة الموضوع بشكل أفضل كل على حده وكما يأتي:

أ-تخطيط الطرق

إن الزيادة في عدد سكان قضاء الرمادي في سنة الهدف سيؤدي بالضرورة الى حدوث توسّع في استعمالات الأرض المخصصة للنقل التي تصل الى نحو (513,85) هكتاراً في عام (2025) و(1114,9) هكتار في عام (2035) و(1930,5) هكتار في عام 2045، وكذلك تم اختيار افضل المواضع لتوسّع المشاريع الهندسية في قضاء الرمادي، مما يتطلب تخطيط وتنفيذ الحاجة المستقبلية للطرق في تلك المناطق التي تمتاز بارتفاع نسبة محتوى التربة من الجبس التي تعرض الطرق الى مخاطر في هذه المناطق منها حدوث تآكل وذوبان الجبس تحت الطرق نتيجة تدفق مياه الأمطار أو المياه الجوفية أو حركة المياه السطحية التي تصل الى الطرق والشوارع من الأراضي المجاورة أكثر ارتفاعا بشكل مجار مائية صغيرة متعددة وتمريره باتجاه الطريق، أو وجود أراضي منخفضة بجانب الطرق التي تتجمع فيها مياه راكدة، والتي تتسرّب تحت الأساس فتسبب ذوبان الجبس ،فيؤدي الى انهيار الطبقة السطحية للطرق (التبليط) على شكل شقوق وهبوط تفاضلي.

وعند تصميم وتخطيط الطرق في هذه المناطق يجب اتخاذ الإجراءات التالية :

1-إزالة التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الجبس واستبدالها بتربة بأفضل منها ذات قدرة تحمل عالية،وتكون صالحة للردم على شكل طبقات .

2- تحدل عن طريق تسليط الثقل بواسطة الحدّل والدك أوالاهتزاز، للحصول على زيادة في كثافة التربة بتقليص الفراغات والفجوات وذلك بطرد الهواء والماء منها.

3- يجب صرف مياه الأمطار والمياه السطحية بعيدا عن جوانب الطريق والتخلص منها، للتقليل من حدوث تآكل وذوبان الجبس تحت الطرق .

4- دفن وتعلية الأراضي المنخفضة بجانب الطرق، وعدم السماح بالتجمع المياه الراكدة، والتي تتسرب تحت الأساس فتسبب ذوبان الجبس، ويؤدي الى انهيار الطبقة السطحية للطرق (التبليط).

5-تصميم الهيدروليكي فيما يختص بالميول العرضية للطرق، التي تساعد على تحرك المياه وعدم تجمعها فوق الطرق، وبالتالي تكون مرتبطة بالمجاري المفتوحة أو القنوات المغلقة لنقل المياه بعيدا عنها لتخلص من آثارها.

ب- تخطيط الجسور

يعد نهر الفرات وقناة الورار من المحددات الطبيعية لانسجام المدينة وتجانسها الحضري،والتي تفصل المدينة بعضها عن البعض، فضلا عن الزيادة السكانية المتوقعة في قضاء الرمادي الذي أدى الى زيادة الطلب على السلع والبضائع والخدمات لسد احتياجاتهم، وهذا يتطلب حركة مرورية أكبر،اضافة الى زيادة الطلب على الوحدات العمرانية وخدمات البنى التحتية والطرق،وبالتالي يؤدي الى التوسّع في مساحة المشاريع الهندسية لقضاء الرمادي، مما يولد ازدحاماً مرورياً وضغطاً كبيراً في مناطق العبور والقنوات المائية المتمثلة في نهر الفرات وقناة الورار،الذي يتطلب إنشاء جسور تربط بين جانبي القناة او المجرى المائي للتقليل من الازدحام المروري في الجسور المقامة عليها، وربط مناطق القضاء مع بعضها البعض، وتسهيل نقل الأشخاص والبضائع خلال فترة قصيرة وبكلفة منخفضة، فعند تخطيط الجسور يجب اختيار مواضعها وفق أسس معينة منها ما يأتي:

أ- اختيار أضيق المناطق ضمن مجرى النهر لغرض الأمان وقلة التكاليف.

ب- يتقاطع الجسر مع المجرى بشكل مستقيم وليس مائل لتقليل التكاليف والمخاطر .

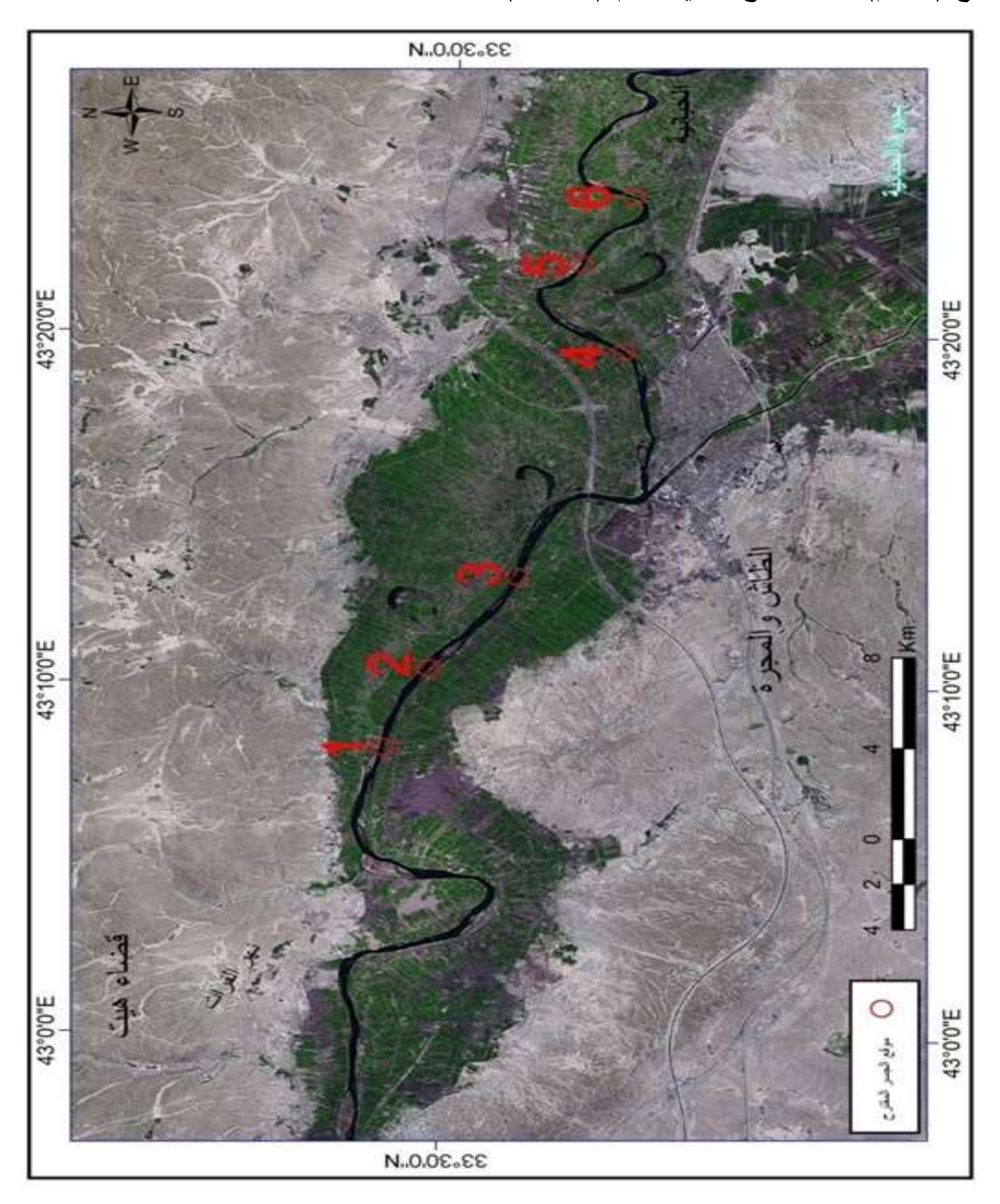
ت- عدم أقامة الجسور عند المنعطفات لاتساع المجرى وتركز عمليات التعرية ولإرساب فيها أكثر من المناطق التي تميل الى الاستقامة، مما يعرضه الى مخاطر فضلا عن ارتفاع التكاليف.

ث-ان تكون ضفاف المجرى ذات تكوينات صلبة وقابلية تحملها عالية وقليلة الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية، وفي حالة عدم توفر تلك الخصائص الملائمة فيجب بناء مساند كونكريتية،او استبدال التكوينات الضعيفة بأخرى صلبة.

ج-تصميم الجسور على ارتفاع عال بحيث لا تؤثر عليها أعلى موجة فيضان يحتمل ان يشهدها النهر للحفاظ على الجسور من التدمير،والتي قد يترتب عليها خسائر مادية وبشرية[4].

يتضح من خلال ما تقدم لاختيار المواضع الملائمة لإنشاء الجسور على نهر الفرات التي تم اختيار ستة مواضع مقترحة في منطقة الدراسة،والتي تمتاز بأنها أضيق المناطق ضمن مجرى النهر، وكان الموقع المقترح الأول الذي يصل بين جانبي المجرى المائي بين القطنية والطرابشة،والذي بلغ عرض النهر في موضع الجسر المقترح (200م)، أما الموضع الثاني بين زنكورة والبوعساف الذي بلغ عرض النهر في ذلك الموضع (191م)،والموضع الثالث الذي يصل بين طوي والطالعة الذي بلغ عرض النهر (161م)، والموضع الرابع الذي يصل بين الصوفية والصهالات، والذي بلغ عرض النهر (158م)، في حين يقع الموضع الخامس بين المشيهد والحامضية،والذي بلغ

عرض النهر (129م)،أما الموضع السادس الذي يصل بين زوية سطيح والبوعبيد،والذي بلغ عرض النهر في ذلك الموضع (100م)، كما توضح الخريطة رقم (10-12).



فضلاً عن ذلك تمتاز المواضع المقترحة لإنشاء الجسور على نهر الفرات بقلة الانثناءات والمنعطفات والجزر في النهر، التي تعمل على تركز التعرية في جهة والإرساب في جهة أخرى، فيسبب ذلك تغير في شكل المجرى من حيث الانعطاف وتقدم وتراجع الضفاف وبالتالي تصبح مناطق غير صالحة لإقامة المنشآت الهيدروليكية في تلك

المناطق، أما قناة الورار فإنها تميل الى الاستقامة أكثر من التعّرج مقارنة مع مجرى نهر الفرات ضمن حدود منطقة الدراسة .

وقد تبيّن أن أصناف التربة في أغلب المواضع على ضفاف النهر متمثلة بالرمل السئ التدرج الى طمى رملي، ورمل سئ التدرج، وحصى سئ التدرج على أعماق مختلفة حسب نظام التصنيف الموحدUSCS .

اذ تتباين هذه التكوينات من مكان الى آخر ضمن الموضع الواحد، ويكون بعضها صماء وغير نافذة وقابلية تحملها عالية وقليلة الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية، وفي جهة أخرى هشة وشديدة النفاذية كالتربة الرملية والحصوية والعضوية، فيجب بناء مساند كونكريتية أو استبدال التكوينات الضعيفة بأخرى صلبة.

في حين تتراوح نسبة محتوى التربة من الجبس ونسبة ايون الكبريتات أقل من (4%)،وهذه النسب أقل من الحد المسموح، وجميع الخصائص الطبيعية للتربة والصخور والمياه سالفة الذكر، لما لها من آثار سلبية واضحة في تخطيط وتنفيذ المشاريع الهندسية.

مصادر الفصل العاشر

1- U . N. Statically office of united Nations Demographic year book , New York , 1970 , P . 16 .

2-د.خلف حسين علي الدليمي، تخطيط المدن ، نظريات- معايير -أساليب- تقنيات،ط1، دار صفاء للنشر ، عمان- الأردن 2015.،ص215.

3- د.خلف حسين علي الدليمي،علم شكل الأرض التطبيقي،مصدر سابق،ص491.

4-المصدر السابق،ص513.